Détermination des lacs sans poisson : Application d'une analyse spatiale à l'aide d'un système d'information géographique et proposition d'une méthode d'échantillonnage novatrice

M. Lauzon, B. Lévesque et G. Fortin

Direction régionale de la gestion des écosystèmes
Pêches et Océans Canada
Institut Maurice-Lamontagne
850, route de la Mer
Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4

2014

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 3067

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports techniques contiennent des renseignements scientifiques et techniques qui constituent une contribution aux connaissances actuelles, mais qui ne sont pas normalement appropriés pour la publication dans un journal scientifique. Les rapports techniques sont destinés essentiellement à un public international et ils sont distribués à cet échelon. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques de Pêches et Océans Canada, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports techniques peuvent être cités comme des publications à part entière. Le titre exact figure au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports techniques sont résumés dans la base de données Résumés des sciences aquatiques et halieutiques.

Les rapports techniques sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement auteur dont le nom figure sur la couverture et la page du titre.

Les numéros 1 à 456 de cette série ont été publiés à titre de Rapports techniques de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Les numéros 457 à 714 sont parus à titre de Rapports techniques de la Direction générale de la recherche et du développement, Service des pêches et de la mer, ministère de l'Environnement. Les numéros 715 à 924 ont été publiés à titre de Rapports techniques du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 925.

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Technical reports contain scientific and technical information that contributes to existing knowledge but which is not normally appropriate for primary literature. Technical reports are directed primarily toward a worldwide audience and have an international distribution. No restriction is placed on subject matter and the series reflects the broad interests and policies of Fisheries and Oceans Canada, namely, fisheries and aquatic sciences.

Technical reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is abstracted in the data base Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts.

Technical reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page.

Numbers 1-456 in this series were issued as Technical Reports of the Fisheries Research Board of Canada. Numbers 457-714 were issued as Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Research and Development Directorate Technical Reports. Numbers 715-924 were issued as Department of Fisheries and Environment, Fisheries and Marine Service Technical Reports. The current series name was changed with report number 925.

Rapport technique canadien des
sciences halieutiques et aquatiques 3067

2014

Détermination des lacs sans poisson : Application d'une analyse spatiale à l'aide d'un système d'information géographique et proposition d'une méthode d'échantillonnage novatrice

Michel Lauzon, Brigitte Lévesque et Gilles Fortin

Pêches et Océans Canada
Direction régionale de la gestion des écosystèmes
Institut Maurice-Lamontagne
850, route de la Mer
Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4

© Sa majesté la Reine du chef du Canada, 2014

N° de cat. Fs 97-6/3067F
N° de cat. Fs 97-6/3067F-PDF

ISSN 0706-6570 (version imprimée)
ISSN 1488-545X (version électronique)

On devra citer la publication comme suit :

Lauzon, M., Lévesque, B. et Fortin, G. 2014. Détermination des lacs sans poisson : Application d'une analyse spatiale à l'aide d'un système d'information géographique et proposition d'une méthode d'échantillonnage novatrice. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3067 : vi + 26 p. + 4 annexes.

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION 1
2. OBJECTIF 2
3. ZONE D'ÉTUDE 2
4. MÉTHODOLOGIE 2
   - 4.1. DonnÉes cartographiques 2
   - 4.2. Attributs associÉs aux composantes spatiales 4
   - 4.3. RequÊte spatiale 4
   - 4.4. AccessibilitÉ aux lacs en fonction de la pente de l'Émissaire 4
   - 4.5. DonnÉes ichtyologiques 6
5. RÉSULTATS 7
   - 5.1. Lac isolÉ 9
   - 5.2. Lacs avec Émissaire À pentes faibles sans obstacle 12
   - 5.3. Lacs avec Émissaire À pentes faibles avec obstacles 12
   - 5.4. Lacs avec Émissaire À pente moyenne 13
   - 5.5. Lacs avec Émissaire À pente forte 13
6. DISCUSSION 14
   - 6.1. RÔle des processus hydrologique et gÉomorphologique sur la prÉsence ou pas de poisson dans les lacs 14
   - 6.2. Causes probables de la non concordance du statut des lacs avec les hypothèses formulées 19
   - 6.3. Utilisation de cette approche à d'autres fins 19
   - 6.4. Nouvelle méthode préconisée sur le terrain pour déterminer la présence ou pas de poisson 21
7. CONCLUSION 22
8. REMERCIEMENTS 23
9. REFERENCES 23

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Statuts des lacs issus de l'analyse spatiale comparés avec ceux des inventaires ichtyologiques des lacs des bassins versant de la Romaine et Mingan..... 8

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Localisation et limites des bassins versant des rivières Mingan et Romaine. 3
Figure 2. Lacs échantillonnés dans le sous bassin versant du ruisseau Maurice du bassin versant de la rivière Mingan. 5
Figure 3. Lac n° 2 isolé selon l'édition 1 du RHN de niveau 1 de complétude. 10
Figure 4. Lac n° 2 hydroconnecté selon la carte du BDTQ. 10
Figure 5. Lac n° F-35 isolé selon l'édition 1 du RHN de niveau 1 de complétude. 10
Figure 6. Lac n° F-35 hydroconnecté selon Google Earth. 10
Figure 7. Groupe de lacs isolés, dont le lac n° 6, selon l'édition 1 du RHN de niveau 1 de complétude. 11
Figure 8. Groupe de lacs interconnectés, dont le lac n° 6, selon l'édition 2 du RHN de niveau 1 de complétude. 11
Figure 9. Groupe de lacs isolés, dont les lacs n^{os} 203 et 206, selon l'édition 1 du RHN de niveau 1 de complétude. 11
Figure 10. Groupe de lacs interconnectés, dont lacs n^{os} 203 et 206, selon l'édition 2 du RHN de niveau 1 de complétude. 11
Figure 11. LAP n° 234 avec émissaire à pente forte. 13
Figure 12. LAP n° 130 avec émissaire à pente forte. 13
Figure 13. Limite d'ennoiement maximale de la mer de Goldthwait. 17
Figure 14. Zone d'influence de la mer de Goldthwait sur les lacs inventoriés. 18

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Résultats des requêtes spatiales pour chacun des lacs inventoriés dans le bassin versant de la rivière Romaine.....6 pages

Annexe 2-a. Position des lacs dans les sous bassins versant de la rivière Romaine, sauf ceux du Puyjalon.....4 pages

Annexe 2-b. Position des lacs dans les sous bassins versant de la rivière Puyjalon, un sous bassin versant de la rivière Romaine.....3 pages

Annexe 3. Clé de détermination des lacs sans poisson.....3 pages

RÉSUMÉ

Lauzon, M., Lévesque, B. et Fortin, G. 2014. Détermination des lacs sans poisson : Application d'une analyse spatiale à l'aide d'un système d'information géographique et proposition d'une méthode d'échantillonnage novatrice. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3067 : vi + 25 p. + 4 annexes.

Ce travail présente une démarche analytique permettant de reconnaître les lacs avec ou sans poisson et propose une nouvelle méthode terrain pour savoir s'ils en contiennent ou pas. La géomatique permet de discriminer 8,4 fois sur 10 les lacs avec poissons de ceux qui n'en contiennent pas à partir de la connectivité des lacs et de l'importance de la pente de son émissaire. Les données sources du Réseau hydro national actuel comportent toutefois des erreurs de connectivités qui seront ajustées avec le niveau 3 de complétude. Dans la plupart des cas, d'autres données sources permettent de les corriger. Les inadéquations entre les hypothèses de départ et les résultats attendus quant à la présence ou pas de poisson sont de causes variées. Quant à la méthode terrain proposée, elle prend en compte le pH de l'eau et des espèces de zooplanctons indicatrices de l'absence ou pas de poisson dans le lac.

ABSTRACT

Lauzon, M., Lévesque, B. et Fortin, G. 2014. Détermination des lacs sans poisson : Application d'une analyse spatiale à l'aide d'un système d'information géographique et proposition d'une méthode d'échantillonnage novatrice. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3067 : vi + 25 p. + 4 annexes.

This work presents an analytical approach to identify fish-bearing status of lakes (presence or absence) and a new field method to determine this status. Geomatics can discriminate 8.4 times out of 10, lakes with or without fish based on connectivity between lakes and the slope magnitude of its outlet stream. Sources of current National Hydro Network data however contain errors connectivity which will be adjusted with the Level 3 completeness. In most cases, other sources of data can allow to correct those errors. Mismatches between assumptions and outcomes regarding the presence or absence of fish have varied causes. Regarding the proposed field method, it takes into account water pH and zooplankton index species related to fishless or fish-bearing lakes.

1. INTRODUCTION

L'analyse spatiale réalisée à l'aide un système d'information géographique (SIG) à partir des caractéristiques hydrologiques des lacs telles que la connectivité et la topographie, à savoir la pente de l'émissaire, a permis à Schilling *et al.* (2008) de départager les lacs potentiellement sans poisson de ceux avec poissons dans des bassins hydrographiques du Maine aux États-Unis. Par ailleurs, Breton et Tanguay (2005) ont élaboré un modèle géomatique pour identifier des secteurs propices à la présence de lac sans poisson (LSP) à partir de cartes écoforestières numériques SIFORT éditées par le secteur forêt du Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs (MRNFP).

Afin d'optimiser les efforts d'inventaires et d'apprécier les impacts d'un projet d'envergure sur la faune ichtyenne tel que la mise en eau de réservoir à des fins de production hydroélectrique, il apparait que l'utilisation de la géomatique serait susceptible de discriminer les lacs sans poisson (LSP) des lacs avec poissons (LAP). Connaître au préalable le statut des lacs serait des plus pertinents pour sélectionner lesquels à échantillonner, notamment ceux susceptibles de contenir du poisson.

L'intérêt de bien cibler les LAP réside dans le fait qu'habituellement seule une faible proportion des lacs impactés par un projet fait l'objet d'une caractérisation de la communauté de poissons. Par exemple, l'évaluation environnementale effectuée dans le cadre du projet de la rivière Romaine a porté sur 15 des 275 lacs éventuellement ennoyés par la création des réservoirs, alors que de ce nombre quatre ne contenaient pas de poisson (GÉNIVAR, 2007b).

Pour ce qui est de l'évaluation des dommages sérieux en vertu de la Loi sur les pêches, l'information issue des inventaires terrains de LSP n'est pas de nature à permettre d'apprécier adéquatement les impacts du projet sur la capacité des lacs à produire du poisson. En revanche, à l'aide de la géomatique, la détermination des LSP impactés par un projet permettrait de les soustraire du bilan des pertes de production.

L'intérêt dans la capacité à localiser les LSP réside aussi dans leur potentiel d'utilisation pour des mesures compensatoires ou d'atténuations telles que l'introduction d'une espèce à statut précaire éventuellement décimée par l'ennoiement de son lac. De plus, cette méthode peut être mise à contribution afin de déterminer la nécessité de passage du poisson aux traversées de cours d'eau des chemins d'accès (Mount *et al.*, 2011), ou tout aussi bien pour les protéger parce qu'ils disposent des caractéristiques recherchées par le garrot d'Islande, une espèce inscrite à l'annexe 1 de la Loi sur les espèces en péril du Canada et dont les préoccupations dans le cadre du projet de complexe hydroélectrique de la rivière Romaine ont été formulées par Environnement Canada (2008).

Compte tenu de l'objectif poursuivi, à savoir que les lacs recherchés sont soit avec poissons ou sans poissons, il apparait davantage approprié, dans un premier temps, d'utiliser un SIG pour départager les LSP de ceux qui en contiennent avant de procéder à des inventaires sur le terrain qui sont exigeants en termes de ressources humaines et financières (Fransen *et al.*, 2006). Dans un deuxième temps, il serait préférable de procéder à des inventaires terrains simplifiés et novateurs pour déterminer la présence ou pas de poisson au lieu de réaliser systématiquement des pêches expérimentales pour confirmer le statut du lac. À cet égard, des espèces zooplanctoniques indicatrices,

notamment à l'aide de chaoborides (Insecta : Chaoboridae), pourraient être mises à contribution. L'approche que nous préconisons ici pour cibler des LSP, à l'instar de ceux avec poissons, pourrait donc s'avérer plus appropriée.

2. OBJECTIF

Évaluer la faisabilité et la validité d'une analyse spatiale réalisée à l'aide d'un SIG pour discriminer les LSP des LAP et proposer une méthode d'échantillonnage simple et pratique pour valider le statut d'un lac contenant ou pas du poisson.

3. ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude se situe dans les bassins versant des rivières Mingan et Romaine de la région administrative de la Côte-Nord du Québec, Canada (Figure 1).

4. MÉTHODOLOGIE

Les analyses spatiales ont été réalisées à l'aide d'Arc GIS version 10.0. Pour alimenter ce dernier en données cartographiques, diverses sources d'information ont été utilisées, à l'instar de la validation des données spatiales et du résultat des requêtes. Enfin, la composition icthyologique des lacs provient des différents inventaires réalisés dans le cadre du projet de complexe hydroélectrique de la Romaine.

4.1. DONNÉES CARTOGRAPHIQUES

Les données cartographiques numériques disponibles qui intègrent le sens de l'écoulement de l'eau sont celles du Réseau hydro national (RHN) (http://www.geobase.ca/geobase /fr/data/nhn/index.html).

Les informations du RHN ont la particularité d'incorporer un filamentaire d'écoulement au réseau hydrographique. Celui-ci ajoute aux informations de base que sont les lacs et les cours d'eau la connectivité entre ces constituantes du réseau hydrographique, ainsi que le sens d'écoulement de l'eau. Cette caractéristique est essentielle pour effectuer les opérations spatiales qui permettront de confirmer ou d'infirmer les hypothèses de travail.

La sélection des fichiers RHN pertinents et disponible a été effectuée en utilisant l'index des unités de travail (http://www.geobase.ca/doc/specs/pdf/GeoBase_IndexRHN_Description_FR.pdf) dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Niveau de complétude 1 (RHN-NC1);
- Unité de travail 02VC00;
- Sous aire de drainage (Water Survey of Canada Sub-Drainage Area) des rivières Romaine et Mingan;
- Fichier élaboré à partir de la Base nationale de données topographiques (BNDT) 1 : 50 000.

Les autres données disponibles et utilisées incluent les fichiers de la Base nationale de données topographiques (BNDT) 1 : 50 000, soit la couche contenant l'hypsométrie afin d'effectuer les calculs de pente. (Fichiers couvrants le secteur des lacs inventoriés : 012L05, 012L06, 012L11 à 012L14, 012M03 à 012M06, 012M12, 012M13 et 022P16).

Par ailleurs, les fichiers obtenus d'Hydro-Québec comprennent la limite de la zone d'étude et la limite des réservoirs (niveau maximal d'exploitation) à l'échelle 1 : 20 000 (MTM Fuseau 5, NAD83).

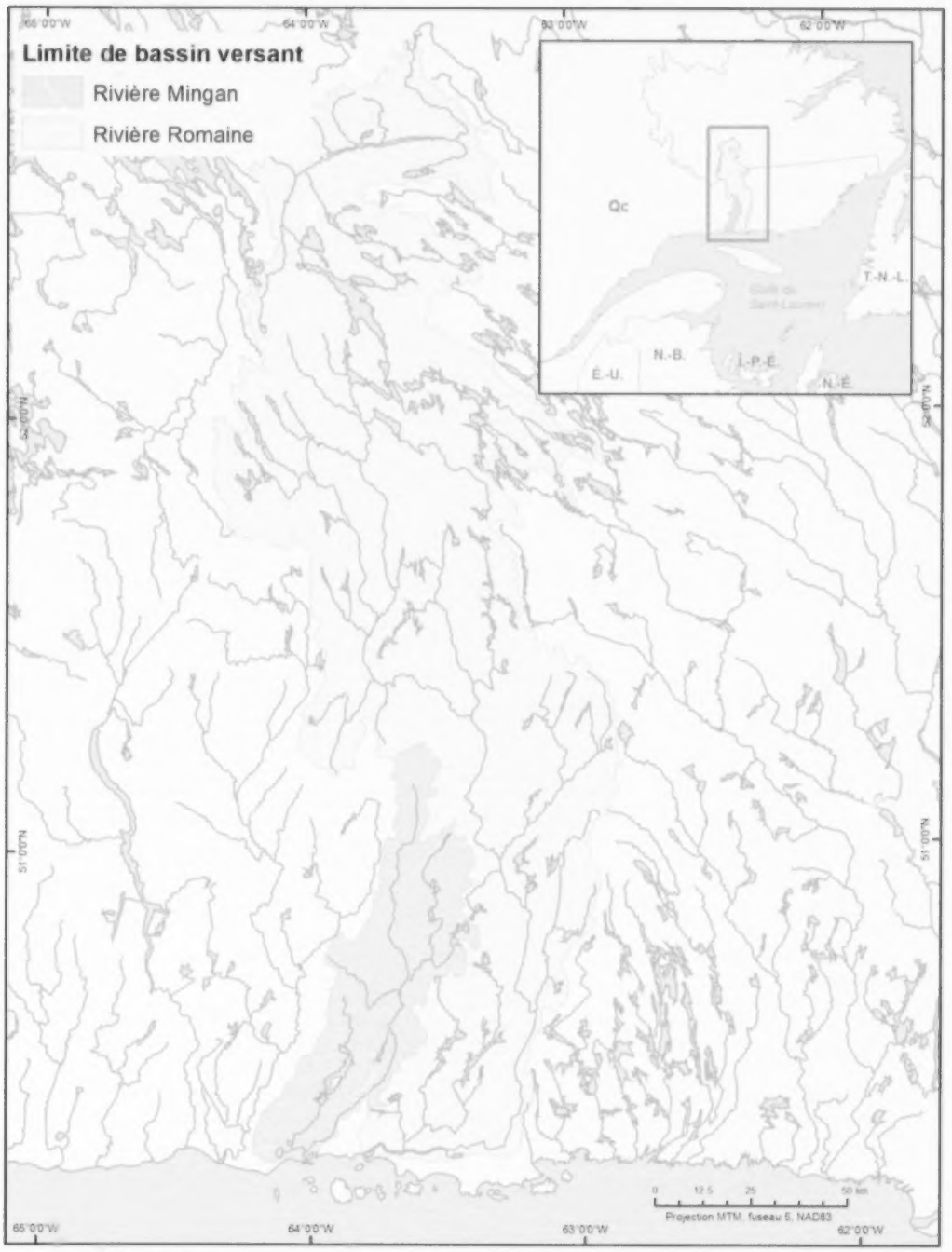


Figure 1. Localisation et limites des bassins versant des rivières Mingan et Romaine.

4.2. ATTRIBUTS ASSOCIÉS AUX COMPOSANTES SPATIALES

Dans la table de données liées aux composantes spatiales du RHN, seuls les plans d'eau qui ne possèdent aucun tributaire ou émissaire présentent l'attribut « Lac ». Les lacs hydroconnectés et les rivières surfaciques (polygonales) possèdent l'attribut « Inconnu » puisqu'aucun délimiteur ou frontière ne permet de départager ces entités spatiales. Cette situation est en lien avec le niveau 1 de complétude où la détermination des attributs spatiaux et l'édition de la topologie sont incomplètes.

Ainsi, pour déterminer quels sont les lacs isolés, il n'est pas nécessaire de construire un réseau géométrique dans ArcMap car la table d'attribut liée aux entités surfaciques (couche du RHN = RHN_02VC000_1_2_HD_REGIONHYDRO_2, lacs et rivières polygonales), contient un champ « TYPE_TEXTE » qui identifie le type d'entité.

Le deuxième niveau de complétude devrait définir les régions hydriques, alors que le troisième niveau de complétude devrait permettre d'assurer la continuité globale du réseau linéaire soit la continuité géométrique des filamentaires d'écoulement, de valider/corriger le sens d'écoulement des segments linéaires du réseau, c'est-à-dire la directionalité des filamentaires d'écoulement, et d'assurer la continuité géométrique de la toponymie emmagasinée en attribut sur les entités.

Pour plus de renseignements quant aux différents niveaux de complétude, veuillez consulter : http://www.geobase.ca/geobase/fr/data/nhn/completeness.html#nc1.

4.3. REQUÊTE SPATIALE

Les requêtes spatiales consistent à identifier les LSP à partir de deux variables à savoir la connectivité et la pente de l'émissaire à l'aide de la valeur la plus importante prévalant entre deux courbes de niveau. Les hypothèses considérées sont les suivantes :

1. Un lac isolé, donc non connecté hydrologiquement, est considéré comme un LSP;
2. Les pentes de l'émissaire lorsqu'inférieures à 15% permettraient ou auraient permis le passage du poisson. Ces émissaires disposeraient donc sur leur cours, des LAP;
3. Une pente de 15% à 30% entre deux courbes de niveau serait aussi bien franchissable qu'infranchissable. Il y aura donc autant de chance d'y observer des LSP que des LAP; et
4. Une pente supérieure à 30% entre deux courbes de niveau est considérée comme une barrière infranchissable. Le plan d'eau sera donc considéré comme un LSP.

4.4. ACCESSIBILITÉ AUX LACS EN FONCTION DE LA PENTE DE L'ÉMISSAIRE

Les requêtes spatiales ont pour objectif de déterminer si le poisson peut accéder à certains plans d'eau lorsque la pente de l'émissaire est inférieure à 15%, se situe entre 15 et 30% ou est supérieure à 30 %.

Pour se faire, il a fallu construire un réseau géométrique dans ArcMap en ajoutant la déclivité au filamentaire d'écoulement, donc la pente réelle, permettant alors d'apprécier l'influence de la pente de l'émissaire.

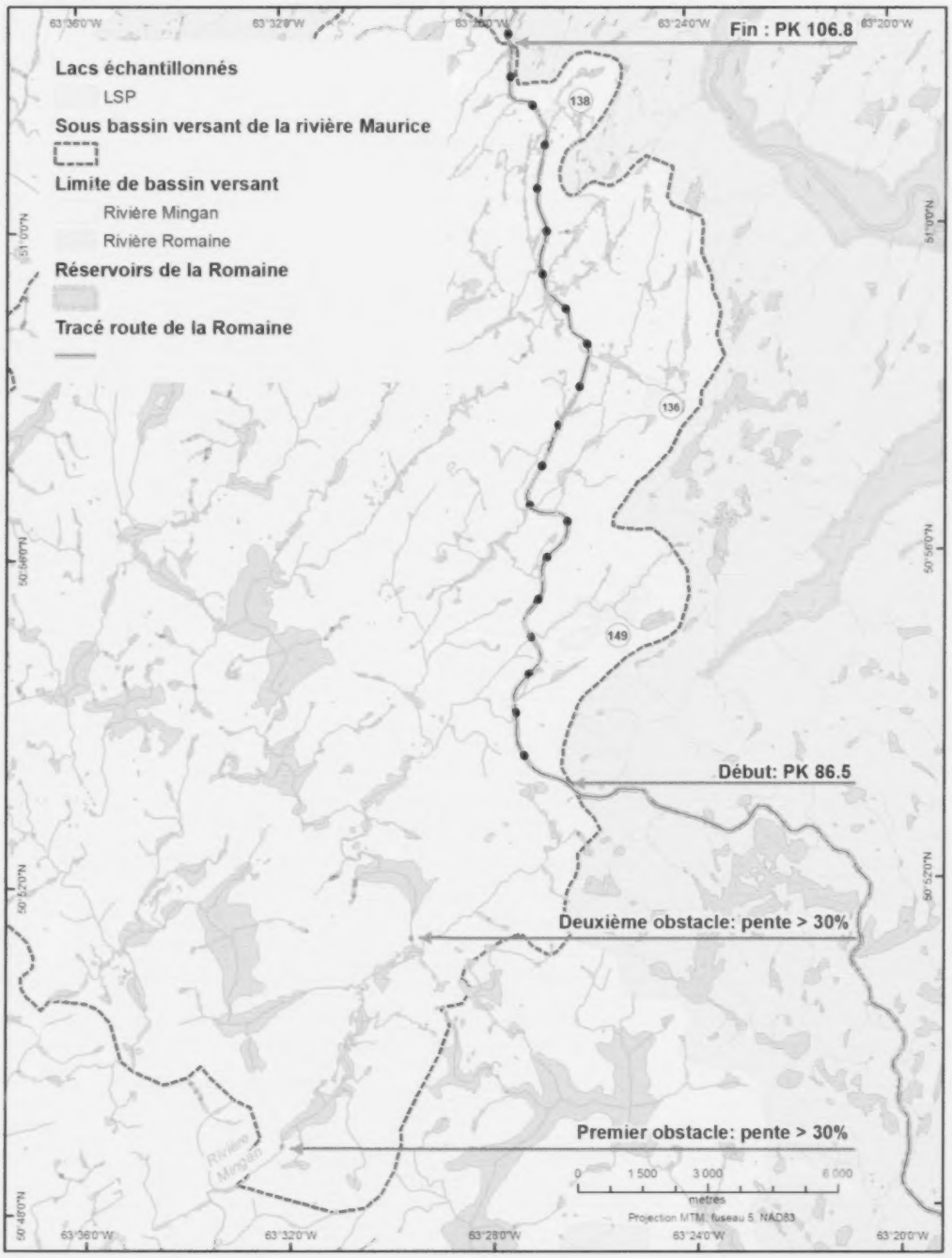


Figure 2. Lacs échantillonnés dans le sous bassin versant du ruisseau Maurice du bassin versant de la rivière Mingan.

L'importance de la pente entre deux courbes de niveau entre 15 et 30% est illustrée par un segment de droite orange ou en rouge lorsqu'elle est supérieure à 30%. L'illustration de cette situation offerte par le SIG permet de statuer sur le caractère franchissable ou pas de l'émissaire tel que représenté à la figure 2 du sous bassin versant du ruisseau Maurice au sein du bassin versant de la rivière Mingan. Cette approche de représentation graphique pour illustrer la pente des émissaires des lacs échantillonnés dans les différents sous bassins versant de la rivière Romaine est reprise aux annexes 2-a et 2-b.

La validation des hypothèses consiste quant à elle à comparer les résultats obtenus de la requête spatiale en lien avec l'importance de la pente de l'émissaire avec ceux des pêches expérimentales des lacs qui ont été inventoriés. En ce qui a trait aux lacs isolés, la justesse de la prédiction réside dans l'absence de poisson.

Par ailleurs, la validation de la connectivité des lacs a été effectuée à l'aide de cartes de la Base de données topographiques du Québec (BDTQ) 1 : 20 000, de cartes numériques topographiques géoréférencées en format matriciel produit par Ressources naturelles Canada (RNC) et disponibles sur GéoGratis (http://geogratis.gc.ca/api/fr/nrcan-rncan/ess-sst//%28urn:iso:series%29toporama), de l'édition 2.0 du RHN de niveau de complétude 1 offert par le Service de cartographie Web (WMS) de GéoBase (2013) (http://www.geobase.ca/geobase/fr/wms/ index.html), ainsi qu'à l'aide de l'application Google Earth (Version 7.1.2.2019) qui a permis, en plus de visualiser les situations relatives aux composantes spatiales, d'apprécier l'altitude de celles-ci.

4.5. DONNÉES ICHTYOLOGIQUES

Dans le cadre du projet de la Romaine, 15 lacs éventuellement impactés par la mise en eau des quatre réservoirs ont fait l'objet d'inventaire de la faune ichtyenne, ainsi que 77 autres localisés dans la zone d'étude à des fins notamment de compensation, de suivi du mercure dans la chair du poisson ou d'introduction d'ombles de fontaine pour offre de pêche aux travailleurs (GÉNIVAR 2005, 2006, 2007a, 2010, 2012 et 2013; Hydro-Québec Production 2007a et 2008).

Des données additionnelles sur 37 lacs ont été obtenues du Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) suite à des inventaires réalisés en 2012 et en 2013 dans le bassin versant de la Romaine en lien avec le projet hydroélectrique (Données non publiées).

En plus de la composition ichtyologique des lacs et de leurs coordonnées géographiques permettant de les localiser, certains des rapports précisent d'autres paramètres tels que le pH, la transparence, les profondeurs moyenne et maximale, ainsi que les profils d'oxygène dissous et de la température de l'eau.

Les informations relatives aux lacs inventoriés proviennent des sources suivantes :

- Les lacs n^{os} 1 à 8 : GÉNIVAR (2005);
- Les lacs n^{os} 047 et 101 à 106 : GÉNIVAR (2006);
- Les lacs n^{os} 120 à 144, 146 à 152, 201 à 206, 224, 233, 234 : GÉNIVAR (2007a).
- Les lacs n^{os} 1 à 8, 47, 101 à 106 – Hydro-Québec Production (2007a);

- Les lacs n^{os} 1 à 10, 42 à 50, 101 à 105, 110 à 113, 120 à 144, 146 à 151, 201 à 206, 234 : Hydro-Québec Production (2008);
- Les lacs n^{os} 124, 125. 128, 129, 301, 302 et 303 : GÉNIVAR (2010);
- Les lacs n^{os} 4, 5, D1, OC-1, OC-2, OC-3, OC-4, OF-1, OF-2, OF-C, R-121, R139, R-140, R-148, R-150, R-151, Anderson, aux Sauterelles, Brûlé, Garnier, Lavoie, Lozeau, Maurice, sans nom E et sans nom F : GÉNIVAR (2012);
- Les lacs n^{os} 2, 2a, 2b et 3 : GÉNIVAR (2013);
- Les lacs n^{os} F-01 à F-12, F-10-2, F-14, F-15, F-30 à F-32, F-34 à F-39, F-41 à F-43, F-43-1, F-45, F-46, F-48, F-49, F-52 à F-55, F-58 et F-60 : MDDEFP, Direction régionale de la Côte-Nord, Secteur de la faune (Données inédites 2012 et 2013); et
- Lac Puyjalon : (Charlène Lavallée, 456 avenue Arnaud Sept-Îles, comm. pers.).

Au total, 129 lacs dont la composition ichtyologique était disponible ont fait l'objet d'une évaluation du réseau hydrographique à l'aide du SIG afin de comparer leur statut déterminé par celui-ci par rapport au statut obtenu par les pêches. Toutefois, le statut d'un d'entre eux (lac n^{o} F-43) est inconnu (Annexe 1).

5. RÉSULTATS

Le détail des résultats issus des requêtes spatiales selon les quatre hypothèses, incluant l'effet de la présence de chutes sur le cours de l'émissaire, ainsi que les caractéristiques des lacs échantillonnés à savoir les coordonnées spatiales, la superficie, la composition ichtyologique et la présence de chutes sur le cours de leurs émissaires est présenté à l'annexe 1. La position relative des lacs échantillonnés au sein des différents sous bassins versant de la rivière Romaine, incluant le statut du lac et les caractéristiques de l'émissaire, est présentée aux annexes 2-a et de 2-b.

La majorité des lacs inventoriés se situe dans le bassin versant de la rivière Romaine (n = 127) et trois autres font partie du bassin versant de la rivière Mingan (lacs n^{os} 136, 138 et 149, Annexe 1 et Figure 2), pour un total de 130. Des 129 lacs dont le statut a pu être déterminés, 50 (38,8%) sont sans poisson et 79 (61,2%) sont avec poissons.

Dans les 79 LAP, les inventaires ichtyologiques ont recensé 15 espèces de poissons soit l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*), l'épinoche à 3 épines (*Gasterosteus aculeatus*), l'épinoche à 9 épines (*Pungitus pungitus*), le grand brochet (*Esox lucius*), le grand corégone (*Coregonus clupeaformis*), la lotte (*Lota lota*), le méné de lac (*Couesieus plumbeus*), le ménomini rond (*Prosopium cylindracum*), le meunier noir (*Catostomus commersoni*), le meunier rouge (*Catostomus catostomus*), le mulet perlé (*Semotilus margarita*), l'omble chevalier (*Salvelinus alpinus*), l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*), la ouananiche (*Salmo salar ouananiche*) et le touladi (*Salvelinus namaycush*).

Les LAP contiennent d'une à neuf espèces. Toutefois, les lacs sont principalement allopatriques (n = 56) et surtout colonisés par l'omble de fontaine (n = 51), suivi par le grand brochet (n = 3) et, ex æquo à raison d'une occasion, le grand corégone et l'omble chevalier (Annexe 1). La prédominance de l'omble de fontaine en allopatrie dans de nombreux sous bassins versant, notamment de la Romaine, avait été prédit par Lacasse et

Magnan (1994). Quant aux 23 lacs sympatriques, les 15 espèces répertoriées en font partie avec des combinaisons spécifiques différentes (Annexe 1). Toutefois, c'est le meunier noir que l'on rencontre le plus fréquemment dans les communautés (n = 14), suivi ex æquo par l'omble de fontaine ou le meunier rouge (n = 12), le grand corégone (n = 10), suivi ex æquo par le grand brochet ou la lotte (n = 7), la ouananiche (n = 6), le ménomini rond (n = 4), le méné de lac (n = 3), suivi ex æquo par l'épinoche à 3 épines ou l'épinoche à 9 épines (n = 2) et finalement par l'éperlan arc-en-ciel (n = 1), recensé seulement dans le lac Puyjalon.

Les lacs échantillonnés dans le bassin versant de la rivière Romaine appartiennent à 47 sous bassins versant où de 1 à 31 lacs ont été échantillonnés au sein de chacun d'eux (Annexes 2-a et 2-b). Celui de la rivière Puyjalon est le mieux représenté (Annexe 2-b), tout en étant un des plus importants du bassin versant de la rivière Romaine. Toutefois, la majorité des sous bassins versant n'avait qu'un (n =24) ou deux (n = 10) lacs inventoriés (Annexes 2-a et 2-b).

Les résultats issus de l'analyse spatiale selon les conditions hydrologiques, à savoir la connectivité et l'importance de la pente de l'émissaire, comparés aux résultats des inventaires icthyologiques réalisés dans les lacs des bassins versant de la Romaine et de Mingan sont présentés au tableau 1.

Tableau 1. Statuts des lacs issus de l'analyse spatiale comparés avec ceux des inventaires ichtyologiques des lacs des bassins versant de la Romaine et Mingan.

Conditions hydrologiques Connectivité – pente	LSP (n)	LAP (n)	TOT	Inadéquation : Prévue versus réelle
Lac isolé (sans émissaire)	9	2	11	2/11 (18,2%)
Pente faible, s. o.	9	49	58	9/58 (15,5%)
Pente faible, a. o.	4	17	21	4/21 (19,0%)
Pente moyenne	11	11	22	n. a.
Pente forte	15	2	17	2/17 (11,8%)
Effectif total :	49	81	129	17/107 (15,9%)

N.B. s. o. = sans obstacle; a. o. = avec obstacle; n. a. = non applicable; TOT = total.
Les cases grisées indiquent une différence entre les résultats attendus et obtenus selon les conditions hydrographiques, les données géométriques et les inventaires ichtyologiques réalisés sur le terrain.

Ce sont les lacs avec des émissaires à pentes faibles avec obstacles qui présentent la plus grande proportion d'inadéquation avec les hypothèses de départ, suivi par les lacs isolés, puis les lacs avec émissaires à pente faible sans obstacle et, en dernier, les lacs avec émissaire à pente forte.

Globalement, en excluant les lacs à pentes moyennes puisqu'ils ont autant de chance d'être avec ou sans poisson (hypothèse n° 3), c'est 8,4 fois sur 10 que l'analyse réalisée à l'aide de la géomatique est représentative du statut des lacs à savoir avec ou sans poisson.

Les inadéquations observées sont de différentes natures dont entre autres la concordance des données spatiales avec le statut hydrologique de l'émissaire du lac. Ce résultat n'est pas étranger au fait que le RHN de niveau 1 de complétude comporte des erreurs de connectivité sur le cours du réseau hydrographique ou à l'égard du sens d'écoulement de l'eau du filamentaire d'écoulement. Le SIG représente les erreurs de connectivité par des points noirs le long du réseau hydrographique tel qu'illustrées aux figures 3, 7 et 9.

5.1. LAC ISOLÉ

Pour les lacs isolés, il arrive que certains apparaissent comme tels selon le RHN de niveau 1 de complétude (Figure 3), alors qu'en vérifiant avec une autre source cartographique, nous constatons qu'il présente un émissaire permanent. Cette situation a été observée pour le lac n° 2 à partir du feuillet topographique 1 : 20 000 (Figure 4). Le parcours de cet émissaire d'environ 300 mètres de longueur est même perceptible avec l'application Google Earth avec laquelle la pente moyenne a été évaluée à environ 6% puisque que l'altitude du lac est d'environ 212 mètres et, celle de la rivière Romaine à son embouchure, d'environ 194 mètres. En revanche, les données de l'édition 2.0 du RHN de niveau 1 de complétude, à l'instar de l'édition 1 du RNH, considère le lac n° 2 isolé. Malgré ces divergences d'interprétation, le lac n° 2 a été comptabilisé sous la catégorie pente faible sans obstacle.

C'est aussi le cas pour le lac n° F-35 dont la validation de son caractère isolé (Figure 5) a été infirmée à l'aide de Google Earth (Figure 6). La validation de la connectivité dans le cas de lacs isolés a aussi mis en évidence que les données du RHN de niveau 1 de complétude peuvent relier un groupe de lacs sans pour autant qu'ils rejoignent le cours principal de l'émissaire. Cette situation a été observée à plusieurs occasions dans le bassin versant de la rivière Romaine. C'est le cas notamment pour le LAP n° 6 puisqu'il fait partie d'un groupe de lacs hydroconnectés dont l'émissaire situé le plus en aval ne rejoint pas le réseau hydrographique malgré qu'il se trouve à seulement une quarantaine de mètres de celui-ci (Figure 7). Cette interprétation s'avère vraisemblable puisque ce groupe de lacs isolés doit nécessairement s'écouler vers l'aval et qu'il est relié à l'émissaire situé en aval selon l'édition 2.0 du RHN (Figure 8). Cette interprétation a été retenue dans les résultats présentés au tableau 1 puisque le lac n° 6 a été regroupé en tant que LAP avec émissaire à pente faible sans obstacle (Annexe 1).

Un autre groupe de lacs est isolé selon les données de base du RHN, soit les LSP n^{os} 203 et 206 (Figure 9), mais seraient plutôt connectés hydrologiquement, selon l'édition 2.0 du RHN, en passant par le LSP n° 204 (Figure 10). Or, selon Google Earth, le lac n° 204 serait situé à une altitude de 478 mètres, alors que le lac n° 206 serait à une altitude de 484 mètres. Le premier ne pourrait donc pas s'écouler dans le deuxième. De plus, selon l'image Google Earth et l'altitude des lacs qui lui sont adjacents, le LSP n° 206 s'écoulerait plutôt au nord-est vers le lac situé à environ 230 mètres de celui-ci, à une altitude de 472 mètres. Le lien hydrique serait probablement intralithosphère (écoulement souterrain) avant de rejoindre la rivière Romaine située à environ 500 mètres en aval et dont l'altitude est d'environ 460 mètres à son embouchure, ce qui conférerait à ce groupe de lacs, leur caractère sans poisson. Toutefois, compte tenu de la difficulté de statuer avec précision quant à leur situation dans le bassin hydrographique, ils ont été classifiés en tant que lacs isolés (Annexe 1).

Dans d'autres cas, il semble possible que des lacs isolés aient déjà été connectés hydrologiquement par le passé mais qu'ils ne le soient plus aujourd'hui, ce qui aurait permis à ceux-ci d'avoir eu l'opportunité d'être colonisés par des poissons. C'est peut-être le cas du LAP n° 7, colonisé par l'omble chevalier, dont l'altitude est de 442 mètres tout en étant situé en deçà de 150 mètres de la rivière Romaine dont l'altitude est de 436 mètres à l'embouchure.

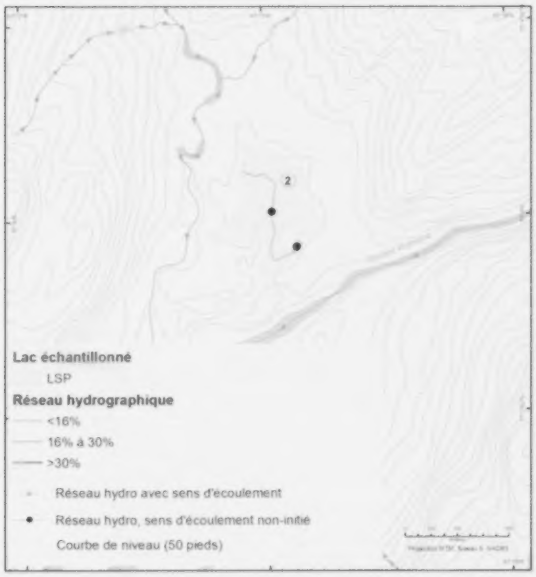


Figure 3. Lac n° 2 isolé selon l'édition 1 du RHN de niveau 1 de complétude.

Figure 4. Lac n° 2 hydroconnecté selon la carte du BDTQ.

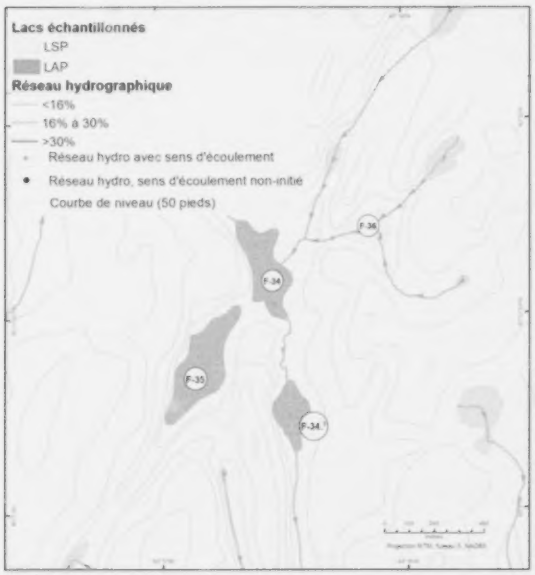


Figure 5. Lac n° F-35 isolé selon l'édition 1 du RHN de niveau 1 de complétude.

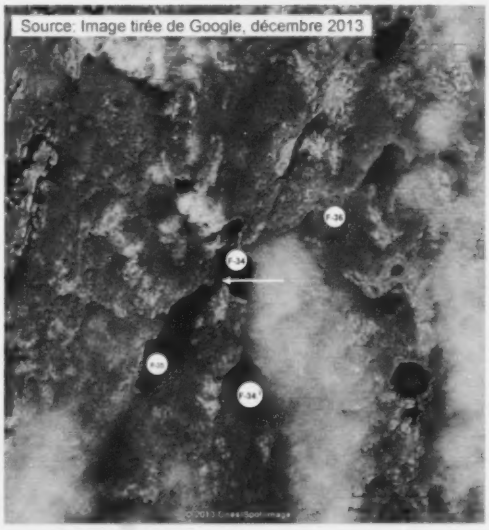


Figure 6. Lac n° F-35 hydroconnecté selon Google Earth.

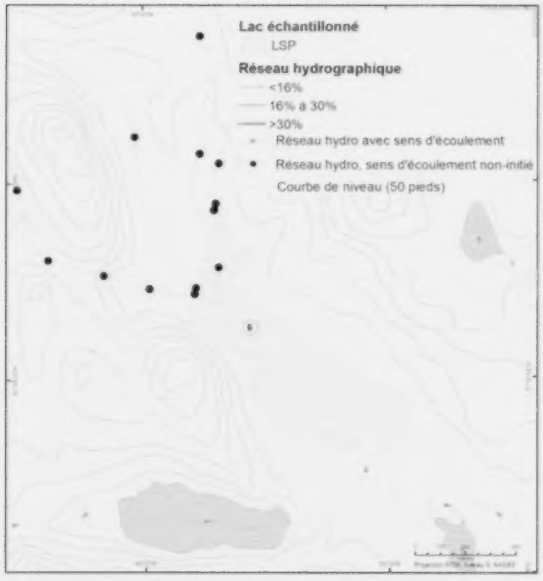


Figure 7. Groupe de lacs isolés, dont le lac n^{o} 6, selon l'édition 1 du RHN de niveau 1 de complétude.

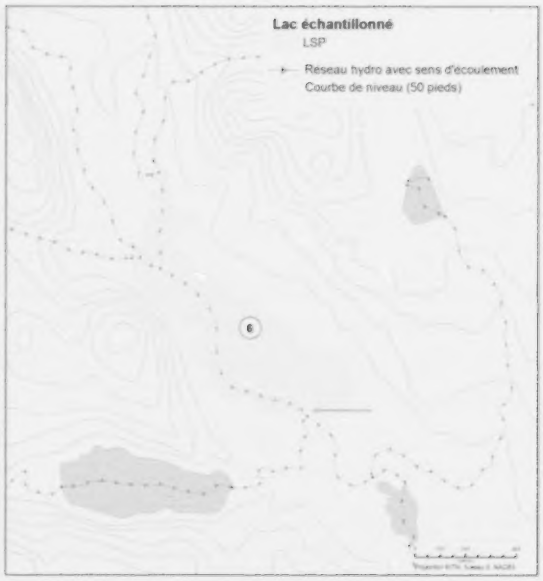


Figure 8. Groupe de lacs interconnectés, dont le lac n^{o} 6, selon l'édition 2 du RHN de niveau 1 de complétude.

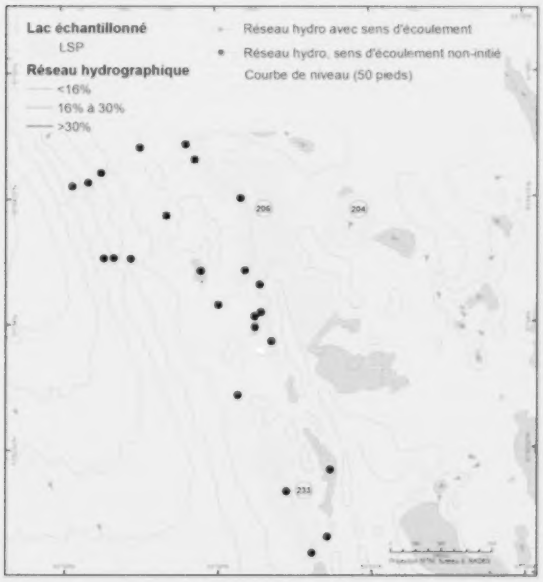


Figure 9. Groupe de lacs isolés, dont les lacs n^{os} 203 et 206, selon l'édition 1 du RHN de niveau 1 de complétude.

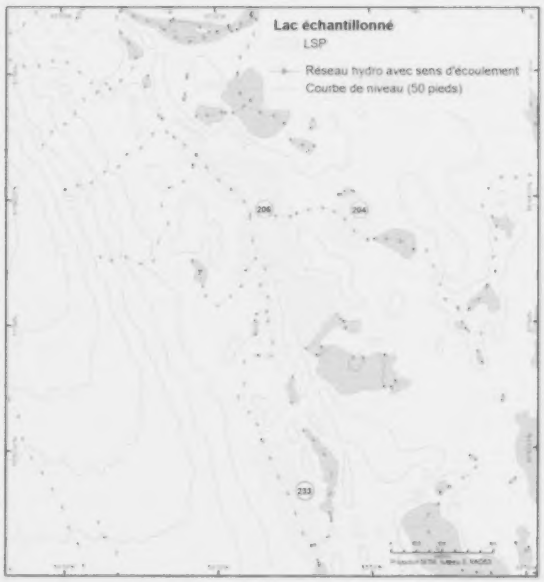


Figure 10. Groupe de lacs interconnectés, dont lacs n^{os} 203 et 206, selon l'édition 2 du RHN de niveau 1 de complétude.

Parmi les lacs isolés, une tendance claire se dessine toutefois pour les cinq lacs ceinturés par des courbes de niveau dont l'altitude est supérieure à celle du lac puisqu'ils sont tous sans poisson. En revanche, ce n'est pas le cas pour les lacs isolés qui ne sont pas enclavés par les montagnes puisque deux des six lacs dans cette situation, soit les lacs n^{os} 7 et 49, contiennent du poisson. Il semble donc que le caractère enclavé des lacs n'aurait jamais permis d'être hydroconnectés, ce qui leurs confère inexorablement le statut de LSP.

5.2. LACS AVEC ÉMISSAIRE À PENTES FAIBLES SANS OBSTACLE

En excluant le sous bassin versant de la rivière Puyjalon, parmi les six lacs avec émissaire à pentes faibles et sans obstacle qui ne correspondent pas à l'hypothèse n^{o} 2, quatre sont de petits LSP (2,2 à 14 hectares) sans tributaire et dont l'émissaire est soit relativement court (243 mètres), soit relativement long (1 460 à 2 779 mètres) avant de rejoindre directement la rivière Romaine. Deux autres sont de petits LSP (2,2 et 2,8 hectares) dont un court émissaire (417 et 333 mètres) rejoint en aval un LAP (Annexes 1 et 2a).

Pour le bassin versant de la rivière Puyjalon, les lacs n^{os} 126 et 127 qui ne correspondent pas à l'hypothèse n^{o} 2 sont des LSP de plus grandes superficies, soit 23 et 51 hectares respectivement, tandis que leur émissaire est soit court ou long, soit 225 et 3 450 mètres respectivement. Pour sa part, le LSP n^{o} F-37 est un petit lac de tête de 7 hectares de superficie et dispose d'un émissaire relativement court de 443 mètres (Annexe 1).

5.3. LACS AVEC ÉMISSAIRE À PENTES FAIBLES AVEC OBSTACLES

Afin d'apprécier adéquatement l'influence des chutes sur la capacité du poisson à coloniser les lacs, l'effet des chutes situées en aval du lac Puyjalon, soit pour les sous bassins SSB-9 et SSB-10 du sous bassin versant n^{o} 47 (Annexes 1 et 2-b), à l'instar de celles situées en aval de la « chute » des Murailles (SB-37, 38 et 42 à 46) n'ont pas été considérées à titre d'obstacle infranchissable puisque ceux-ci ont été historiquement ennoyés (Annexes 1 et 2-a).

Ainsi, pour les lacs à pentes faibles et en présence d'obstacles sur le cours de l'émissaire en aval du lac, la proportion de LSP est deux fois plus importante que lorsqu'il n'y en a pas (6/42 versus 7/24, Tableau 1). Les chutes joueraient donc un rôle contraignant, du moins en partie, à raison de plus d'une fois sur quatre, dans la capacité du poisson à coloniser les lacs à pentes faibles.

En revanche, le nombre de chutes sur le parcours de l'émissaire ne semble pas influencer le caractère poissonneux du lac puisqu'il y a des LSP et des LAP avec une ou trois chutes sur le cours de leur émissaire (Annexe 1). Toutefois, l'information disponible ne permet pas d'apprécier le caractère franchissable ou pas de l'obstacle (p. ex. : hauteur de chute, relief, pente, nombre de paliers, présence de fosses) selon les différentes conditions hydriques pouvant y prévaloir.

En ce qui a trait aux espèces de poisson présentes dans les LAP à pentes faibles avec obstacles, en allopatrie c'est uniquement l'omble de fontaine (n = 17), alors qu'en sympatrie l'omble de fontaine est accompagné en une seule occasion soit par le meunier

noir (n = 1), soit par le meunier rouge (n = 1) (Annexe 1). Seul le lac n° 4, éventuellement ennoyé par la mise en eau du réservoir de la Romaine-4, compte plus de deux espèces. Outre l'omble de fontaine et les meuniers, ce lac héberge aussi le grand brochet et l'omble chevalier (Annexe 1).

5.4. LACS AVEC ÉMISSAIRE À PENTE MOYENNE

Parmi les 22 lacs sur 129, soit 17%, dont la pente de l'émissaire est moyenne et pour lesquels l'hypothèse était à l'effet qu'ils sont susceptibles d'être autant LSP que LAP, les résultats indiquent que c'est le cas (Tableau 1). Les lacs poissonneux sont tous colonisés par l'omble de fontaine en situation d'allopatrie, sauf pour un d'entre eux où elle est accompagnée du mulet perlé (Annexe 1).

5.5. LACS AVEC ÉMISSAIRE À PENTE FORTE

En ce qui a trait aux lacs avec un émissaire à pente forte, ils sont habituellement sans poisson (Tableau 1). Dans le cas contraire (n = 2/17), ils sont colonisés exclusivement par l'omble de fontaine.

Dans ces deux cas particuliers, le lac n° 234 à un émissaire de seulement 160 mètres de longueur qui, en plus d'une pente de 40%, dispose d'une pente de 19,3% (Figure 11).

Quant au lac n° 130, son émissaire de 714 mètres longueur est pourvu de deux pentes fortes et de trois pentes moyennes (Figure 12). Cette capacité à franchir de telles pentes par l'omble de fontaine ne serait cependant pas possible pour le meunier rouge qui est présent dans le lac n° 147 (Lac du Deuxième Camp) situé immédiatement en aval.

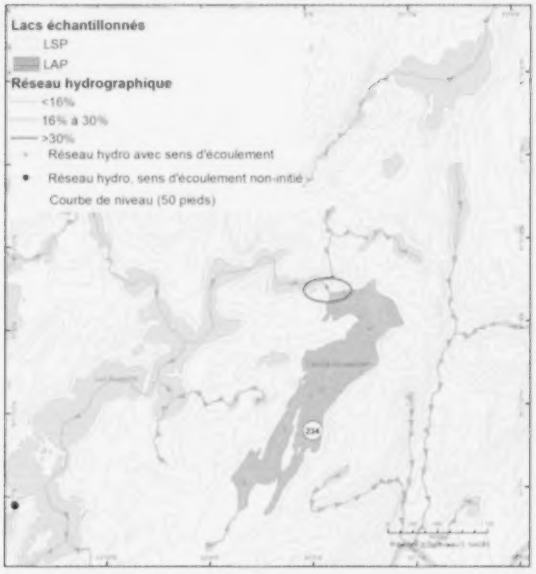


Figure 11. LAP n° 234 avec émissaire à pente forte.

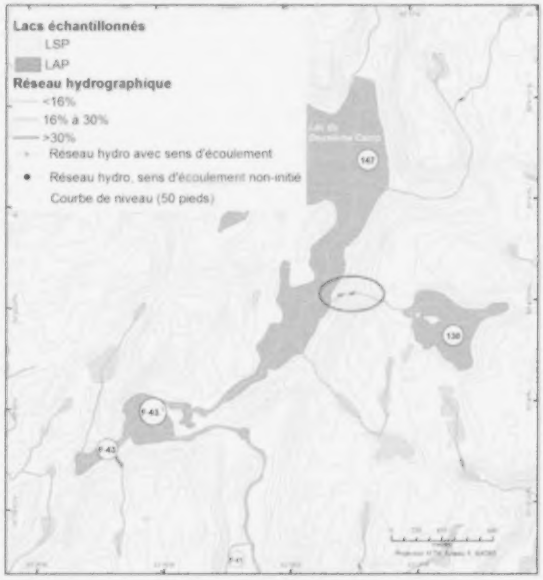


Figure 12. LAP n° 130 avec émissaire à pente forte.

6. DISCUSSION

À la lumière des résultats obtenus, il appert que l'utilisation de la géomatique pour discriminer les LSP des LAP permet d'obtenir un résultat satisfaisant, et ce, même à partir de données sources de l'édition 1 du RHN de niveau 1 de complétude. Le principal problème rencontré avec le RHN de niveau 1 de complétude se manifeste pour les lacs isolés lorsqu'en fait, ils ne le sont pas.

Nul doute que l'ajout de délimiteurs spatiaux permettant de départager les lacs et les rivières surfaciques et les corrections des erreurs de connectivité, opérations qui seront effectuées lors de la production du niveau 3 de complétude, permettront de rendre plus fiable l'analyse spatiale des données à partir du RHN. De plus, l'incorporation éventuelle des données à l'échelle 1 : 20 000 offrant un plus grand niveau de détails, incluant l'insertion des cours d'eau intermittents, permettrait probablement une fiabilité encore plus grande des résultats. Toutefois, un tel exercice n'a pas encore été réalisé pour la région concernée.

En ce qui a trait à l'approche préconisée par Breton et Tremblay (2005), elle utilise les pentes des cartes écoforestières qui sont extrapolées à celle des cours d'eau au sein de parcelles rectangulaire avec pente supérieure à 40%. Bien que ces secteurs soient connus, notamment pour le Saguenay-Lac-Saint-Jean et la Côte-Nord, il reste à valider s'ils hébergent bel et bien des LSP (Guérin, 2013). À cet égard, le projet de validation de lacs présumés sans poisson sur la Côte-Nord a mis en évidence que cinq des sept sous-bassins versant possédaient des LSP, soit l'équivalent potentiel de 46 des 75 lacs (63,3%) qui s'y trouvent (Guérin, 2013), alors que selon Breton et Tremblay (2005) l'efficacité du modèle de prédiction varierait beaucoup d'un bassin hydrographique à l'autre.

6.1. RÔLE DES PROCESSUS HYDROLOGIQUE ET GÉOMORPHOLOGIQUE SUR LA PRÉSENCE OU PAS DE POISSON DANS LES LACS

Bien que les résultats issus de cette approche soient probants, ils doivent aussi être interprétés en tenant compte des processus hydrologique et géomorphologique qui ont eu court depuis la dernière déglaciation au regard de la capacité des poissons à coloniser les lacs de ces sous bassins versant. De fait, les niveaux d'eau de la mer de Goldthwait à ce moment étaient plus élevés et le Bouclier canadien davantage enfoncé comparé à la situation qui prévaut de nos jours.

Ces conditions ont fait en sorte que certains obstacles aujourd'hui infranchissables l'ont déjà été puisqu'ils étaient jadis ennoyés. Ainsi, pour apprécier l'effet des chutes présentes sur le cours des émissaires à cette époque par rapport à la capacité du poisson à coloniser les lacs situés en amont de celles-ci, il faut considérer leurs altitudes selon le niveau probable maximal que l'eau a pu atteindre lors de la dernière glaciation.

À cet égard, les résultats pour le sous bassin versant de la rivière Puyjalon indiquent que les sept chutes situées en aval du lac Puyjalon dont les altitudes actuelles sont inférieures à 100 mètres étaient alors ennoyées. Cette situation aurait permis la colonisation de ce lac par des espèces anadromes telles que le saumon atlantique, l'omble chevalier, l'omble de fontaine et l'éperlan arc-en-ciel qu'on trouve aujourd'hui enclavées « *landlocked* » dans

le lac Puyjalon. De nos jours, malgré la capacité du saumon à remonter les rivières, il n'est plus apte à franchir la Grande chute située à l'exutoire du lac Puyjalon (Hydro-Québec Équipements et Services partagés, 2012), ce qui serait de même pour les autres espèces anadromes présentes dans lac Puyjalon.

En ce qui a trait aux autres sous bassins versant situés sur le cours de la rivière Romaine, en amont de celui du Puyjalon, la ouananiche se trouve aussi dans les lacs Anderson, Brulé, Lavoie et Lozeau du sous bassin versant n° 1, ainsi que dans le lac n° 6 du sous bassin versant n° 9 (Annexe 2-a), soit en amont des futurs ouvrages de la Romaine-1 (PK 52,5) et de Romaine-2 (PK 90,3). De nos jours, la Grande Chute (PK 52,5) constitue un obstacle infranchissable pour le saumon atlantique. Hormis la Grande Chute, les neuf autres obstacles en aval de celle-ci ne limitent pas la progression du saumon atlantique vers l'amont (Hydro-Québec Production, 2007b).

Il s'avère donc que la compression du Bouclier canadien, conjuguée avec l'élévation de la mer de Goldthwait lors de la dernière déglaciation, aurait ennoyé les obstacles formés de rapides et de cascades intercalés par quatre bassins situés directement en amont du bassin des Murailles permettant alors la colonisation des sous bassins versant situés en amont de ceux-ci, notamment par le saumon atlantique, l'omble de fontaine et l'omble chevalier, mais non par l'épinoche à trois épines et l'éperlan arc-en-ciel. Malgré les efforts d'échantillonnage déployés pour trouver l'éperlan arc-en-ciel en amont des Murailles, dont les inventaires ciblés spécifiquement sur cette espèce (GÉNIVAR, 2010), celui-ci ne semble pas avoir été en mesure d'y accéder. Ce constat n'est pas étranger à sa faible capacité à gravir des rapides (Hoff, 2004) qui sont d'ailleurs nombreux sur le cours amont de la rivière Romaine (Hydro-Québec Production, 2007a).

Selon Hydro-Québec Production (2007b), après le retrait du glacier, les eaux marines issues de la mer de Goldthwait ont envahi la portion sud du bassin versant de la rivière Romaine jusqu'à une altitude d'environ 130 mètres. Ce vaste plan d'eau, dont l'extension maximale est illustrée sur la carte 5-2 d'Hydro-Québec Production (2007b), aurait recouvert l'ensemble de la plaine côtière et pénétré plus au nord par la vallée de la Romaine jusqu'au bassin des Murailles, plus précisément jusqu'au PK 87, et dans la vallée de la rivière Romaine Sud-Est. Il y a un peu plus de 5 000 ans, la mer de Goldthwait s'était déjà retirée jusqu'à la cote de 15 mètres, correspondant aux chutes à Charlie (PK 35), puis les rapides situés à l'embouchure de la Romaine ont émergé au cours des derniers millénaires (Hydro-Québec Production, 2007b).

Or, selon les simulations réalisées à l'aide du SIG à une altitude de 120 mètres, la limite de recouvrement de la mer de Goldthwait aurait plutôt ennoyé la totalité de la « chute » de la Romaine-2 en amont du bassin des Murailles, ainsi que la Grande Chute, la chute à Charlie et la chute de l'Église située plus en aval (Figure 13). Pour le sous bassin versant du lac Puyjalon, l'eau aurait atteint les deux premières chutes en amont du lac Puyjalon, mais pas la troisième où l'omble de fontaine est la seule espèce trouvée dans les lacs situés en amont celles-ci.

Compte tenu de ces observations en lien avec l'ennoiement des terres par la mer de Goldthwait, la présence des chutes en aval du lac Puyjalon et en aval de la tête de la « chute » des Murailles n'a pas été considérée lors de la compilation des résultats (Tableau 1 et Annexe 1), puisque les poissons avaient accès à ce territoire.

L'eau recouvrait donc les terres de la partie aval actuelle du bassin versant de la Romaine dont notamment les sous bassins versant n^{os} 37, 38 et 42 à 47 incluant les 22 lacs qui ont fait l'objet d'un inventaire ichtyologique (Annexes 2-a et 2-b). Un exemple de l'ennoiement de lacs inventoriés est présenté à la figure 14. Pour le sous bassin versant de la rivière Puyjalon, ce sont les sous bassins versant n^{os} 9 et 10 qui ont été influencés par la mer de Goldthwait, incluant le lac Puyjalon. (Figure 13 et Annexe 2-b)

Parmi les lacs ennoyés par la mer de Goldthwait, seul le lac n^{o} F-37, dont le pH est de 5,5 et la profondeur maximale de 1,5 mètre, ne contient pas de poisson (Annexes 1 et 2-b). Pour les 21 LAP, 16 sont allopatriques à omble de fontaine, alors qu'en sympatrie, l'omble de fontaine est principalement accompagnée par l'épinoche à 3 épines (n = 4/5), le meunier noir (n = 2/5) ou, dans le cas du lac Puyjalon, par l'éperlan arc-en-ciel, l'omble chevalier et la ouananiche, toutes des espèces euryhalines.

En considérant le secteur du réseau hydrographique qui n'a pas été influencé par les niveaux élevés de la mer de Goldthwait, les 21 LAP dont l'émissaire est muni de chutes sont tous colonisés par l'omble de fontaine, et ce, principalement en allopatrie. Pour trois des quatre lacs en sympatrie, l'omble de fontaine est accompagné par soit le meunier noir, le meunier rouge ou le mulet perlé. Seul le lac n^{o} 4 présente plus de deux espèces avec présence d'une chute sur son émissaire soit, outre l'omble de fontaine, le grand brochet, les meuniers et l'omble chevalier. Par ailleurs, parmi les dix LSP dont l'émissaire dispose de chutes, en plus de ces obstacles, trois de ces lacs ont des émissaires à pente moyenne et trois à pente forte.

Le rôle des obstacles tels que les chutes, les rapides ou les cascades ont été pris en compte par GÉNIVAR (2007b) pour évaluer la capacité du poisson à accéder à l'amont de ceux-ci suite à leur ennoiement par la mise en eaux des réservoirs de la Romaine à l'aide de deux méthodes statistiques permettant de déterminer les catégories de pentes jugées infranchissables par les poissons dans des tributaires non photointerprétés. Par ces méthodes, les valeurs limites de franchissabilité de la pente de l'obstacle sont estimées à 7,7 et 6,9% pour la ouananiche et l'omble de fontaine respectivement, alors que la limite supérieure pour un intervalle de confiance à 95% est d'environ 29% pour ces deux espèces, les valeurs maximales de pente pouvant atteindre 40% (GÉNIVAR, 2007b). Bien que nos hypothèses de départ utilisent la pente réelle entre deux courbes de niveau, ces valeurs maximales se sont avérées possibles, notamment pour l'omble de fontaine trouvé dans les lacs n^{os} 130 et 234 (Annexe 1).

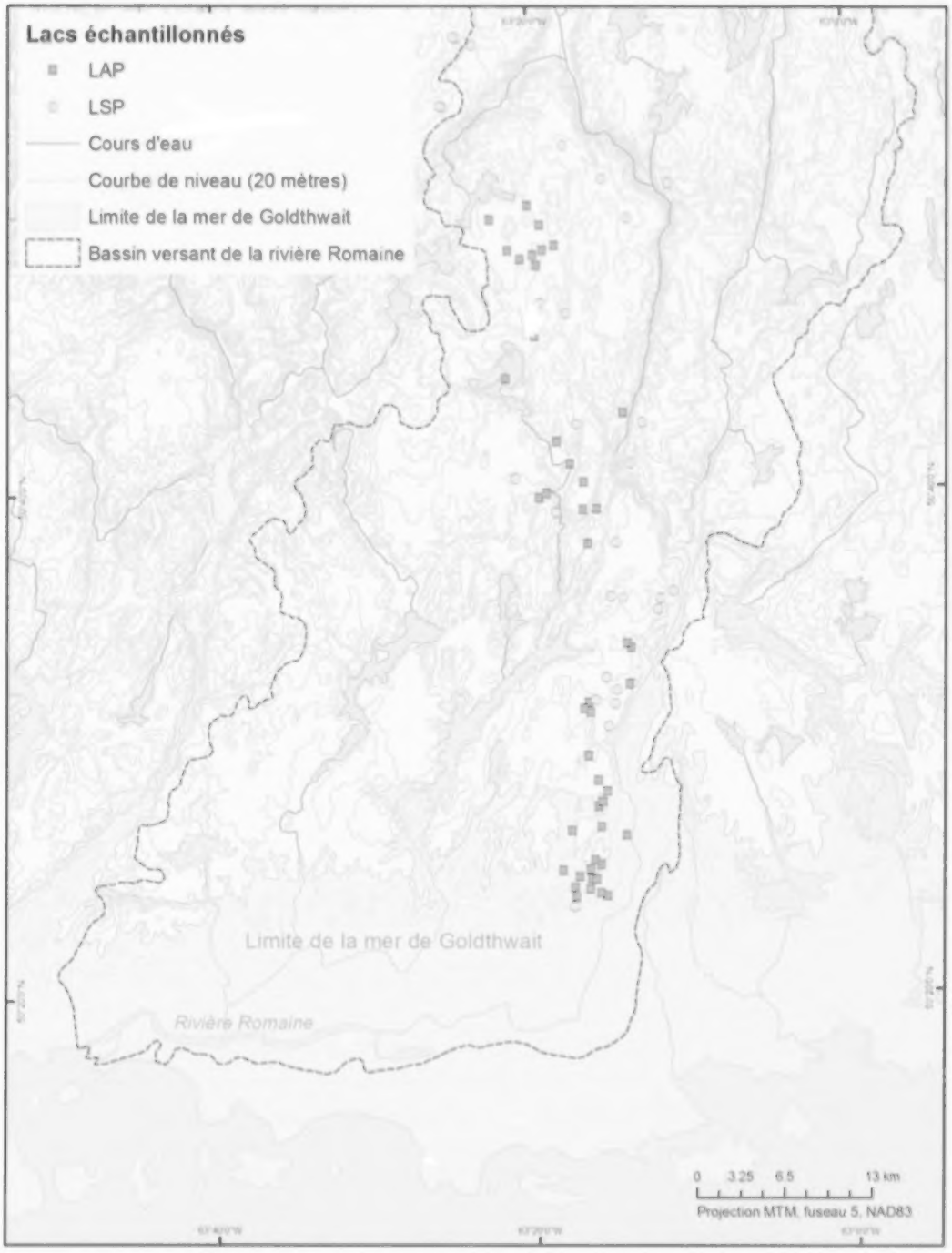


Figure 13. Limite d'ennoiement maximale de la mer de Goldthwait.

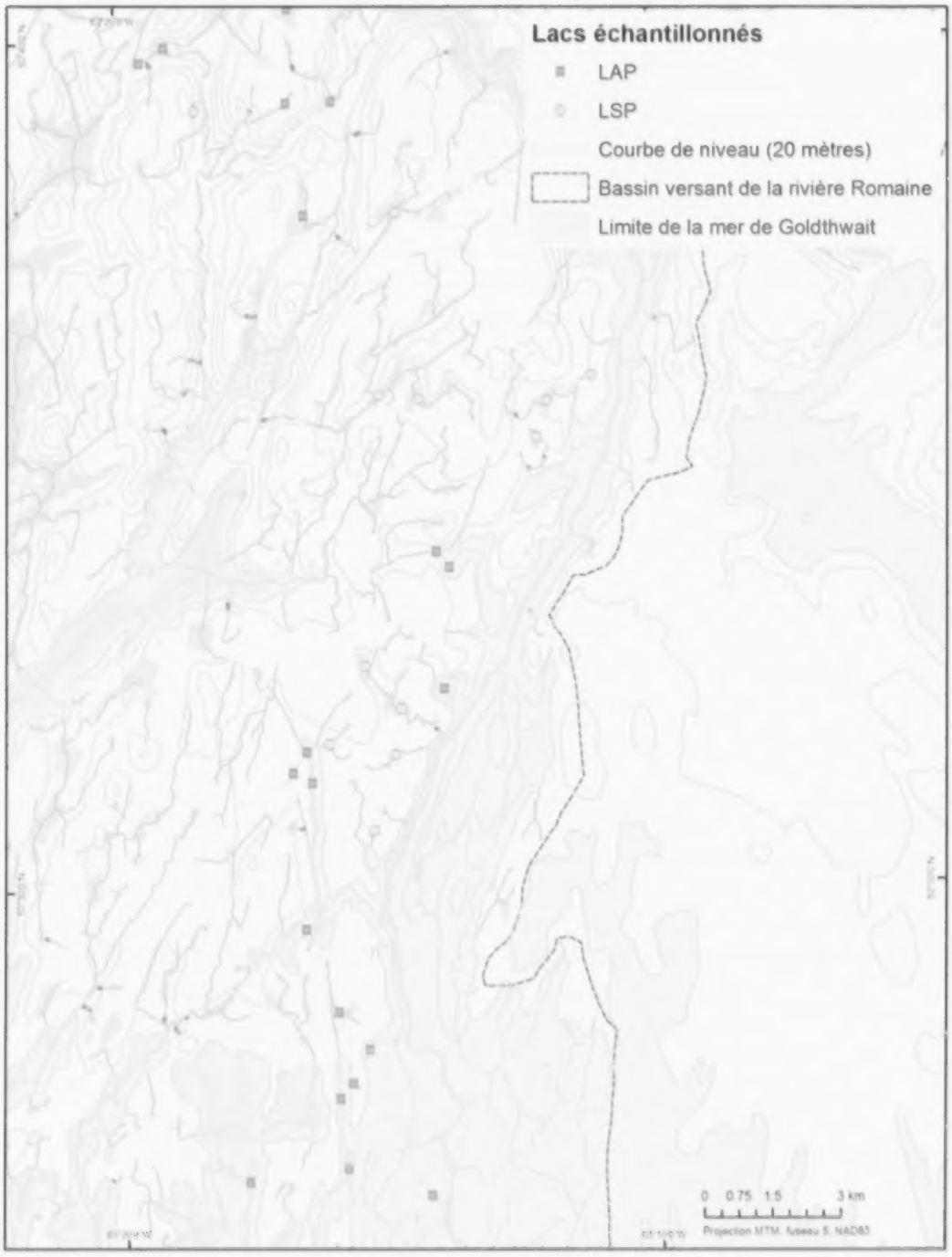


Figure 14. Zone d'influence de la mer de Goldthwait sur les lacs inventoriés.

6.2. CAUSES PROBABLES DE LA NON CONCORDANCE DU STATUT DES LACS AVEC LES HYPOTHESES FORMULEES

En ce qui a trait aux lacs dont le résultat ne correspond pas aux hypothèses de départ, dans le cas de l'hypothèse n° 1, le caractère isolé du lac, à savoir enclavé par les montagnes, constitue un critère absolu pour qu'il soit un LSP. Dans les autres cas, la proximité avec la rivière principale et/ou la faible différence d'altitude entre le lac et celle-ci sont les causes les plus probables de la présence de poissons dans ceux-ci.

Pour l'hypothèse n° 2, la présence de LSP avec un émissaire à pente faible et sans obstacle se présente davantage lorsque ceux-ci sont des lacs de tête sans tributaire (n =6) que lorsqu'il y en a un ou plusieurs lacs en amont (n = 3). Les petits lacs sans tributaire ont probablement un émissaire avec écoulement souterrain, ce qui aurait empêché la montaison du poisson. De tels écoulements ont été observés lors d'inventaires terrain ayant pour objet d'évaluer la nécessité de passage du poisson dans des cours d'eau de petite dimension et drainant de petits lacs de tête, tels que les ruisseaux situés au droit des PK 111+511 et 114+114 du chemin principal de la Romaine.

Quant à l'hypothèse n° 3, malgré que celle-ci s'avère fondée, il n'y a pas d'indication particulière à l'effet que les lacs sont avec ou sans poisson. Par exemple, pour des lacs avec des pentes semblables (16,1 et 19,2%) dans un cas, c'est un LSP (n° 101) avec présence d'une chute et dans l'autre (n° 110) c'est un LAP avec présence de trois chutes ou encore des lacs sans présence de chute mais avec des pentes semblables (19,0 et 19,1%) on trouve aussi un LAP et un LSP (lacs n^{os} 1 et 111) (Annexe 1).

Pour l'hypothèse n° 4 en lien avec un émissaire à pente forte mais qui s'avère colonisé par le poisson, l'omble de fontaine est la seule espèce en mesure d'y arriver. Pour le lac n° 234, il semble que la distance de 160 mètres qui sépare les deux lacs serait un facteur qui aurait permis à l'omble de fontaine de franchir l'émissaire à pente forte, probablement couplé à la taille des spécimens résidant en lac et/ou à des écoulements favorisant son passage. Quant au lac n° 130 où l'émissaire de 714 mètres de longueur possède deux pentes fortes et trois pentes moyennes, il s'avère aussi que l'omble de fontaine a été en mesure de gravir cet émissaire qui se jette dans le n° 147 (lac du Deuxième Camp) (Figure 12). Cette capacité à franchir de telles pentes n'est cependant pas possible pour le meunier rouge présent dans le lac du Deuxième Camp, malgré qu'il soit reconnu comme bon nageur (Jones *et al.*, 1974) mais moins apte à sauter et à gravir les obstacles au même titre que l'omble de fontaine (Kondratieff et Myrick, 2006).

6.3. UTILISATION DE CETTE APPROCHE A D'AUTRES FINS

L'approche analytique présentée ici peut aussi être mise à profit pour d'autres applications, notamment pour évaluer la nécessité de passage du poisson, pour protéger des espèces à statut particulier ou la biodiversité.

Il serait pertinent de déterminer a priori s'il est nécessaire d'assurer le passage du poisson au droit de traversées de cours d'eau. À cet effet, notre approche d'analyse a été utilisée pour les traversées de cours d'eau du chemin principal de la Romaine. Elle a permis notamment de déterminer que les ponceaux situés entre les PK 86,5 à 106,8 non pas besoin de permettre le passage du poisson puisque qu'ils traversent le sous bassin versant

du ruisseau Maurice où des pentes fortes empêchent la montaison du poisson (Figure 2). Ainsi, pour les 11 traversées de cours d'eau de ce secteur, les caractéristiques des ponceaux ne nécessitent pas le passage du poisson puisqu'il est absent du réseau hydrographique.

En ce qui a trait à l'application de mesures d'atténuation ou de compensation, telle que l'introduction d'une espèce à statut précaire éventuellement décimée par l'ennoiement de son lac, l'utilisation de LSP pour l'introduction de celle-ci pourrait s'avérer une option à privilégier. Elle doit par contre respecter les lignes directrices du Service canadien de la faune en lien avec le garrot d'Islande qui utilise ceux-ci entre autres pour l'alimentation (Environnement Canada, 2009), incluant son plan de gestion (Environnement Canada, 2010).

Par ailleurs, la localisation des LSP au sein du bassin hydrographique à l'aide de la géomatique pourrait s'avérer utile pour la protection du garrot d'Islande, une espèce inscrite à l'annexe 1 de la Loi sur les espèces en péril du Canada et dont l'intérêt est manifeste (Guérin, 2013; Breton et Tanguay 2005; Tremblay 2003). En effet, la détermination des LSP, couplée aux considérations d'attributs spatiaux au regard des exigences du garrot d'Islande proposées par Environnement Canada (2009) dont l'altitude, la position du lac dans le réseau hydrographique, l'amplitude des pentes riveraines, la composition forestière environnante ou les éléments anthropiques, permettraient également de localiser plus adéquatement les écosystèmes qu'il faut préserver afin de protéger adéquatement cette espèce et d'atteindre les objectifs du plan de gestion d'Environnement Canada (2010) à l'égard du garrot d'Islande.

Quant à l'utilisation de LSP pour l'introduction de poissons à des fins de mesure compensatoire ou d'offre de pêche pour les travailleurs, les critères utilisés pour déterminer les LSP à potentiel pour le garrot d'Islande pourrait être pris en compte afin de les soustraire comme candidat pour l'application de telles mesures.

De plus, dans une perspective de protection de la biodiversité, plus particulièrement pour des communautés zooplanctoniques présentes dans les LSP, il est impératif de tenir compte de la position du lac au sein du bassin hydrographique. Compte tenu de l'importance de la contribution d'espèces propres aux LSP pour les lacs situés plus bas dans le réseau hydrographique, et ce, lorsque ceux-ci sont des LAP, ces LSP ne devraient pas être utilisés pour l'introduction de poisson puisque les lacs de tête sans poisson permettent le maintien de communautés résiduelles typiques de LSP dans les LAP situés plus bas dans le réseau hydrographique. En revanche, si un LSP se déverse directement dans la rivière principale ou qu'une série de LSP se trouve à l'intérieur d'un court réseau de lacs avant d'atteindre la rivière principale, l'impact sera moins important puisque les espèces particulières aux LSP sont peu habilitées à se développer en milieu lotique. Ces LSP devraient donc être privilégiés pour des ensemencements ou transferts de populations de poissons, en autant que les conditions soient propices à l'implantation d'une population autonome. Cette approche de précaution devrait aussi être appliquée pour des LSP qui se situent dans un bassin versant colonisé par le saumon atlantique ou autres espèces de poisson à statut précaire.

6.4. NOUVELLE METHODE PRECONISEE SUR LE TERRAIN POUR DETERMINER LA PRESENCE OU PAS DE POISSON

Lors des inventaires sur le terrain, la méthode couramment utilisée pour confirmer le caractère non poissonneux d'un lac lorsqu'aucun poisson n'a été capturé après une première journée de pêche est de laisser en place les engins de pêche une journée additionnelle (GÉNIVAR, 2007). Cette façon de procéder implique des ressources en temps et en argent qui pourraient être évitées. Par ailleurs, malgré les efforts déployés, il arrive que le statut du lac ne soit pas précisé par les pêches expérimentales (p. ex. lac n° F-42).

Dans ce contexte, préalablement aux pêches expérimentales, il serait davantage approprié de procéder par un autre type d'inventaire afin de déterminer si le lac héberge ou pas du poisson. Cet inventaire alternatif implique deux indicateurs, l'un abiotique et l'autre biotique, susceptibles de déterminer l'absence ou pas de poisson. Le premier est le pH de l'eau et, le deuxième, la présence de certaines espèces indicatrices de macro-invertébrés pélagiques colonisant la zone photique du lac.

Lorsque le pH est $\leq$ 4,4, le lac peut être considéré sans poisson. En revanche, si le lac a un pH supérieur à 4,4, il peut contenir du poisson. Dans ce cas, pour statuer sur la présence ou pas de poisson, il faut récolter un échantillon de zooplancton le jour, idéalement entre 10 et 15h, dans la zone photique du lac (Annexe 3).

Il est reconnu que les LSP sont colonisés par des taxons zooplanctoniques indicateurs. Par exemple, *Chaoborus americanus* (Diptera : Chaoboridae) n'est présent à toute fin pratique que dans les LSP (Drouin 2006; Wissel *et al.* 2003; Johnson *et al.* 1990; Bendell and McNicol 1987; Galbraith 1983; Von Ende 1979; Pope *et al.* 1973) ou est éliminé du zooplancton ou réduit à une densité difficilement détectable lorsqu'un LSP est ensemencé de poissons (Obrey 2002; Northcote 1978). Ce résultat est en lien avec l'incapacité de *C. americanus* de modifier son comportement d'alimentation pour exhiber des cycles nycthéméraux de migration verticale comme d'autres chaoboridae (Wissel *et al.* 2003; Obrey 2002; Von Ende 1979; Pope *et al.* 1973). Ainsi, on le trouve toujours dans la colonne d'eau, dont la présence le jour confirme l'absence de poisson. Il en est de même pour *C. trivittatus* qui manifeste peu de capacité à exécuter des migrations nycthémérales et résiste donc peu à la prédation par les poissons (Pope *et al.* 1973; Uutala 1990). Ces deux espèces de fortes tailles cohabitent fréquemment dans les LSP et empêchent l'établissement d'autres espèces de chaoboridae par l'action prédatrice qu'elles exercent sur les jeunes stades (Von Ende 1979).

Même si *C. americanus* ou *C. trivittatus* ne sont pas de la communauté zooplanctonique du lac, une forte abondance d'autres espèces de *Chaoborus* (p. ex. *C. flavicans*, *C. punctipennis*, *C. albatus*) en plein jour dans la zone centrale du lac constitue aussi une indication de la présence d'un LSP (Drouin *et al.* 2006; Wissel *et al.* 2003). De fait, l'abondance de *Chaoborus spp.* dans la colonne d'eau est plus importante dans les LSP que dans les LAP puisque les populations de *Chaoborus* des LAP exécutent des migrations nycthémérales : les larves occupent le substrat (compartiment benthique) en présence de lumière (le jour) et occupent la colonne d'eau (compartiment pélagique) en absence de lumière (la nuit) pour s'y alimenter. Ce comportement est en lien avec une

stratégie d'évitement à la prédation par les poissons (Oda et Hanazato 2008; Obrey 2002).

Ainsi, un échantillon vertical dans la zone photique au centre du lac à l'aide d'un filet à zooplancton en saison estivale permettra de déterminer la présence ou l'absence de poisson par la présence de *C. americanus*/*C. trivittatus*, espèces colorées de grande taille ou la forte abondance de *Chaoborus spp.* espèces transparentes et de plus petites tailles. L'identification des espèces zooplanctoniques en laboratoire, dont *C. americanus*, permettra de statuer définitivement sur le caractère sans poisson du plan d'eau.

À défaut de *Chaoborus* dans l'échantillon zooplanctonique, ce qui peut être constaté sur place, un transect horizontal dans la zone littorale du lac à l'aide d'un filet à plancton permettra de récolter certaines espèces d'insectes zooplantoniques nageuses indicatrices de LSP (p. ex. *Graphoderus liberus* (Coleoptera : Disticidae), *Hesperocorixa* spp. (Hemiptera : Corixidae), *Dineutus* spp., *Notonecta insulata* (Heteroptera : Notonectidae) et *Callicorixa* spp. (Heteroptera : Corixidae) (Schilling *et al.* 2009a; Schilling 2008; Drouin 2006). Mentionnons toutefois que ces espèces sont davantage susceptibles d'être capturées la nuit à l'aide de trappes lumineuses.

À défaut de la présence de ces espèces d'insectes indicatrices dans l'échantillon, la présence d'espèces zooplanctoniques de grande taille (> 1 mm) telles que certaines espèces de daphnies (p. ex. *Daphnia dubidia, D. galeata mendotae et D. pulex*) révèle aussi qu'il s'agit d'un LSP (Schilling *et al.* 2009b; Donald *et al.* 2001; Knapp *et al.* 2001). Toutefois, cette tendance à l'effet que les poissons évincent les espèces zooplanctoniques de grande taille a été infirmée pour certains lacs profonds de l'Alaska (O'Brien *et al.* 1979).

L'annexe 3 illustre schématiquement l'approche méthodologique permettant de déterminer les LSP sur le terrain. Un seul de ces critères permet de discriminer les LSP des LAP, alors que le gradient des indicateurs du haut vers le bas est en lien avec la composition faunistique du lac et d'un certain degré de complexité taxinomique.

7. CONCLUSION

Le présent exercice a mis en évidence que l'utilisation de la géomatique et d'une approche terrain simplifiée pour déterminer la présence ou pas de poisson dans les lacs constituent une façon de faire avantageuse par rapport à ce qui a été historiquement réalisé dans le cadre de diagnose de lacs.

L'analyse spatiale réalisée à l'aide d'un SIG devrait donc être un prérequis lors de l'élaboration d'un programme d'échantillonnage de lacs à des fins de caractérisation de la communauté de poisson puisque cette démarche permet de discriminer, du moins en partie, les LSP des LAP, ce qui permet d'optimiser le choix des lacs à inventorier, notamment dans le cadre d'une évaluation environnementale. Cette approche devrait favoriser les efforts d'échantillonnage dans les LAP, ce qui permettra de mieux documenter leur composition ichtyologique et les impacts qui leurs seront associés. Elle permettra aussi d'estimer le nombre de LSP qui pourrait être impacté par un projet et de les soustraire des estimations de pertes de capacité à produire du poisson en vertu de la Loi sur les pêches.

Qui plus est, elle s'avère un outil précieux pour d'autres activités telles que la protection du garrot d'Islande, la détermination du besoin de passage du poisson aux traversées de cours d'eau, ou pour la sélection de lac pour l'ensemencement de poissons tout en portant une attention au maintien de la biodiversité des LSP. D'ailleurs, la Conférence régionale des Élus (CRE) de la Côte-Nord a reçu du MRN le mandat d'élaborer un plan régional de développement intégré des ressources naturelles qui doit, notamment, proposer des mesures visant la protection de l'habitat du garrot d'Islande dans le cadre des enjeux d'utilisation du territoire public en matière de villégiature privée (Guérin, 2013).

Finalement, la réalisation d'un inventaire zooplanctonique d'un lac avant celui de l'ichtyofaune, permettra d'obtenir une réponse juste quant au statut du lac, tout étant moins onéreux que la méthodologie traditionnelle. Toutefois, les pêches expérimentales demeureront nécessaires pour déterminer la composition ichtyofaunique du lac et les caractéristiques des populations.

8. REMERCIEMENTS

Les auteurs désirent remercier tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce rapport. Tout particulièrement, nous remercions Guy Michaud et Simon Trépanier de la Division de la protection des pêches du MPO. Nous soulignons aussi la contribution de Gabriel Durocher d'Hydro-Québec et d'Anick Drouin du MPO pour la révision du rapport.

9. REFERENCES

Bendell, B. E. et McNicol, D. K. 1987. Fish predation, lake acidity and the composition of aquatic insect assemblages. Hydrobiol. 150: 193-202.

Breton, M. N. et Tanguay, J. 2005. Élaboration d'un modèle géomatique permettant d'identifier les secteurs propices à la présence de lacs sans poisson, présentation Power-Point de 21 diapositives. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs et Service canadien de la faune.

Donald, D. B., Vinebrooke, R. D. Anderson, R. S. Syrgiannis, J. et Graham, M. D. 2001. Recovery of zooplankton assemblages in mountain lakes from the effects of introduced sport fish. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 58: 1822-1830.

Drouin, A. 2006. Comparaison des communautés d'invertébrés entre des lacs avec et sans omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*). Mémoire de maîtrise. 95 p.

Drouin, A., Sirois P. et Archambault, P. 2006. Structure des communautés d'invertébrés et des espèces d'amphibiens dans des lacs avec et sans omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) en forêt boréale. Rap. Tech. Can. Sci. Hal. Aquat. 2628. 41 p.

Environnement Canada. 2011. Plan de gestion du Garrot d'Islande (*Bucephala islandica*), population de l'Est, au Canada [Proposition]. 15 p.

Environnement Canada. 2009. Lettre de Judy Doré du Service Canadien de la faune adressée à Jean-Guy Jacques du MPO en ce qui a trait à l'avis d'EC sur les critères de sélection de lacs naturellement sans poisson par le garrot d'Islande. 2 p.

Environnement Canada. 2008. Complexe hydroélectrique de la rivière Romaine – Avis Environnement Canada. 5 p.

Fransen, B. R., Duke, S. D., Mcwethy, L. G., Walter, J. K., and Bilby, R. E. 2006. A Logistic Regression Model for Predicting the Upstream Extent of Fish Occurrence Based on Geographical Information Systems Data. North American Journal of Fisheries Management 26 : 960–975.

Galbraith, M. 1983. Changes in zooplankton of fishless lakes as the result of short-term perturbation by fish. Michigan Dept. of Natural Resources, Fisheries Research report no. 117.

GÉNIVAR. 2013. Complexe de la Romaine. Étude environnementale en phase projet. Faune ichtyenne – Diagnose de lacs entre RO-3 et RO-4. 29 p.

GÉNIVAR. 2012. Complexe de la Romaine. Aménagement pour la faune ichtyenne. (omble chevalier, ouananiche et omble de fontaine – campement Mista. Schéma directeur. 155 p.

GÉNIVAR. 2010. Complexe de la Romaine. Schéma directeur – Aménagement pour la faune ichtyenne. Rapport de caractérisation des lacs pour ensemencement d'omble de fontaine. 61 p.

GÉNIVAR. 2007a. Complexe de la Romaine. Rapport sectoriel. Faune ichtyenne – Potentiel d'aménagement. 123 p.

GÉNIVAR, 2007b. Complexe de la Romaine. Faune ichtyenne – Habitats et production de poissons. Annexes. P. v.

GÉNIVAR. 2006. Complexe de la Romaine. Faune ichtyenne – Rapport d'inventaire 2005. 222 p.

GÉNIVAR. 2005. Complexe de la Romaine. Faune ichtyenne – Rapport d'inventaire 2004. 202 p.

Guérin, S. 2013. Projet de validation de lacs présumés sans poisson sur la Côte-Nord (Phase 1). Version préliminaire. Ministère des Ressources naturelles – Direction générale de la Côte-Nord, Direction de l'expertise de la faune, des forêts et du territoire de la Côte-Nord. 11 p.

Hoff, M. H. 2004. Biotic and Abiotic Factors Related to Rainbow Smelt Recrutment in the Wisconsin Waters of Lake Superior, 1978-1997. J. Great Lakes Res. 30 (suppl. 1): 414-422.

Hydro-Québec Équipements et services partagés. 2012. Complexe de la Romaine. Répartition des nids de saumon dans la Romaine en 2011. Carte 6. 1 page.

Hydro-Québec Production. 2008. Complexe de la Romaine – Étude d'impact sur l'environnement. Réponses aux question et commentaires de l'Agence canadienne d'évaluation environnementale Volume 3 : Questions P-1 à P-66. 107 p.

Hydro-Québec Production. 2007a. Complexe de la Romaine – Étude d'impact sur l'environnement. Volume 3 : Milieu biologique – Section 23 : Poissons. P. v.

Hydro-Québec Production. 2007b. Complexe de la Romaine – Étude d'impact sur l'environnement. Volume 2: Milieu physique – Section 19 : Géomorphologie. P. v.

Johnson, M. G., Kelso, J. R. McNeil, O. C. et Morton, W. B. 1990 Fossil midge associations and the historical status of fish in acidified lakes. J. Paleolimnol. 3: 113-127.

Jones, D.R. Kiceniuk, J. W., and Bamford, O. S. 1974. Evaluation of the swimming performances of several fish species from the Mackenzie River. J. Fish. Res. Baord Can. 31: 1641-1647.

Kondratieff, M. C. et Myrick, C. A. 2006. How High Can Brook Trout Jump? A Laboratory of Brook Trout Jumping Performance. Trans. Am. Fish. Soc. 135: 361-370.

Knapp, R. A., Matthews, K. R., et Sarnelle, O. 2001. Resistance and resilience of alpine lake fauna to fish introductions. Ecol. Monogr. 71(3): 401-421.

Lacasse, S. et Magnan, P. 1994. Distribution post-glaciaire de l'omble de fontaine dans le bssin hydrographique du fleuve Saint-Laurent : impact des interventions humaines. Université du Québec à Trois-Rivières, pour le ministère de l'Environnement et de la faune du Québec. 83 p.

Mount, C., Norris, S., Thompson, R. et Tesch D. 2011. GIS Modelling of Fish Habaitat and Road Crossings for the Priorisation of Culvert Asssesment and Remediation. Peer-reviewed Techniques Article. Streamline Watershed Management Bulletin 14: 7-13.

Northcote, T. G., Walter, C. J. et Hume, J. M. B. 1979. Initial impacts of experimental fish introductions on the macrozooplankton of small oligotrophic lakes. Verh. Internat. Verein. Limnol. 20: 2003-2012.

Obrey, T. 2002. The distribution of fishless habitat and *Chaoborus* in Northwestern Maine. Fishery Interim Summary Report. Series No. 02-2. 29 p.

O'Brien, W. J., Buchanan, C. et Haney, J. F. 1979. Arctic zooplankton community structure: exceptions to some general rules. Arctic 32: 237-247.

Oda, S. et Hanazato, T. 2008. Diel vertical migration patterns in two populations of *Chaoborus flavicans* larvae (Diptera : Chaoboridae) in response to fish kairomones. J. Limn. 67(2): 93-99.

Pope, G., Carter, J. C. et Power, G. 1973. The influence of fish on the distribution of *Chaoborus* spp. (Diptera) and density of larvae in the Matamek River system, Québec. Trans. Am. Fish. Soc. 4: 707-714.

Scherrer, B. 2007. Biostatistique. Volume1. 2^{e} édition. Gaëtan Morin, éditeur. 816 p.

Schilling, E. G., Lofting, C. S. et Huryn, A. D. 2009a. Macroinvertabres as indicators of fish absence in naturally fishless lakes. Freshw. Biol. 54: 181-202.

Schilling, E. G., Lofting, C. S. et Huryn, A. D. 2009b. Effects of introduced fish on macroinvertebrate communities in historically fishless headwater and kettle lakes. Biol. Conserv. 142: 3030-3038.

Schilling, E. G., Fortin, C. S., Degoosh, K. E., Huryn, A. D. et Webster, K. E. 2008. Predicting the locations of naturally fishless lakes. Freshwat. Biol. 53: 1021-1035.

Tremblay, R. éd. 2003. Compte rendu du Colloque sur les lacs sans poisson (LSP) tenu à L'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) le 29 novembre 2002. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune Saguenay–Lac-Saint-Jean. 33 p.

Uutala, A.J. 1990. Chaoborus (Diptera: Chaoboridae) mandibles – paleolimnological indicators of the historical status of fish populations in acid-sensitive lakes. J. Paleolimnol. 4: 139-151.

Von Ende, C. N. 1979. Fish predation, interspecific predation, and the distribution of two *Chaoborus* species. Ecol. 60: 119-128.

Wissel, B., Yan, N. D. et Ramcharan, C. W. 2003. Predation and refugia : implications for Chaoborus abundance and species composition. Freswat. Biol. 48: 1421-1431.

Annexe 1

Résultats des requêtes spatiales pour chacun des lacs inventoriés dans le bassin versant de la rivière Romaine

Résultat requête = lac isolé								
N° ou nom du lac	Superficie	Longitude	Latidude	LSP	LAP (composition)	Pente (%)	Obstacle	Commentaire
7	4,3	63° 43' 18,8"	51° 43' 02,3"	n	12	n,a,	n,a,	Lac impacté
42	0,66	63° 43' 24,9"	51° 42' 24,7"	o	n,a,	n,a,	n,a,	
43	0,70	63° 43' 17,9"	51° 42' 30,2"	o	n,a,	n,a,	n,a,	
44	1,0	63° 43' 20,0"	51° 42' 42,9"	o	n,a,	n,a,	n,a,	
45	1,2	63° 43' 24,3"	51° 42' 47,5"	o	n,a,	n,a,	n,a,	
47	5,3	63° 44' 01,1"	51° 44' 16,4"	o	n,a,	n,a,	n,a,	Lac impacté
48	4,1	63° 42' 39,7"	51° 48' 26,8"	o	n,a,	n,a,	n,a,	
49	3,3	63° 42' 45,3"	51° 48' 41,2"	n	5,10	n,a,	n,a,	
50	2,4	63° 42' 43,2"	51° 21' 14,0"	o	n,a,	n,a,	n,a,	
206	58	63° 51' 45,8"	51° 54' 20,3"	o	n,a,	n,a,	n,a,	Groupe de lacs isolés, erreur probable dans le RHN
233	23,5	63° 51' 31,8"	51° 53' 17,9"	o	n,a,	n,a,	n,a,	Groupe de lacs isolés, erreur probable dans le RHN
Résultat pour cette requête				**9**	**2**			
Résultat requête = lac à pente faible, sans obstacle								
2	14	63° 10' 58,0"	51° 04' 02,2"	o	n,a,	<15	non	Lac impacté
3	88	63° 19' 31,9"	51° 16' 10,7"	n	4,5,6,9,10,15	<15	non	Lac impacté
5	26	63° 44' 47,4"	51° 24' 23,9"	n	4,5	<15	non	Lac impacté
6	39	63° 50' 24,2"	51° 28' 33,1"	n	4,5,9,10,14,15	<15	non	Réseau de lacs isolés ---> erreur dans le RHN; lac impacté
8	7,3	63° 43' 40,2"	51° 49' 28,4"	n	4	<15	non	Lac impacté
9 Lac Rougemont	433	63° 38' 38,7"	51° 31' 58,7"	n	4,5,6,8,9,10,13,15	<15	non	
2b +10 Lac aux Sauterelles	1 710	64° 10' 58,0"	51° 57' 02,6"	n	3,4,5,6,7,9,10,13,15	<15	non	
46	2,2	63° 20' 09,6"	51° 15' 44,3"	o	n,a,	<15	non	
102	13	63° 18' 05,1"	51° 01' 32,5"	n	4	<15	non	Lac impacté
103	5,7	63° 20' 40,9"	51° 14' 04,1"	n	4,5,9,15	<15	non	Lac impacté
104	39	63° 30' 57,2"	51° 23' 10,7"	n	13	<15	non	Lac impacté
106	0,95	63° 14' 19,0"	50° 26' 21,0"	n	2,3,9,13	<15	non	Lac impacté
112	13	63° 15' 56,3"	50° 39' 17,2"	n	13	<15	non	
120	26	63° 16' 35,6"	50° 24' 12,9"	n	12,13	<15	non	
122	24	63° 16' 01,6"	50° 28' 32,5"	n	13	<15	non	
126	23	63° 14' 22,8"	50° 35' 46,2"	o	n,a	<15	non	
127 Lac Miskuatuku	51	63° 15' 07,6"	50° 35' 49,5"	o	n,a	<15	non	
135	10	63° 22' 26,4"	50° 50' 46,9"	n	13	<15	non	
201	35	63° 50' 20,3"	51° 52' 59,7"	n	5	<15	non	
202	32	63° 49' 53,9"	51° 53' 30,4"	n	6,9,11,13	<15	non	
203	12	63° 49' 48,2"	51° 53' 51,1"	n	6,11,13	<15	non	
204	11	63° 51' 07,8"	51° 54' 24,1"	o	n,a,	<15	non	Pente nulle sur 2 779 m,
205	15	63° 51' 44,7"	51° 54' 52,5"	n	4,5	<15	non	
224	20	63° 46' 52,6"	51° 52' 53,8"	n	4	<15	non	
302	33	63° 13' 58,0"	50° 32' 21,0"	n	2,13	<15	non	
303	2,9	63° 11' 08,0"	50° 36' 01,0"	o	n,a,	<15	non	
Anderson	1 580	63° 41' 44,3"	52° 03' 08,9"	n	5,7,9,10,14,15	<15	non	

N° ou nom du lac	Superficie	Longitude	Latidude	LSP	LAP (composition)	Pente (%)	Obstacle	Commentaire
Brulé	9 509	63° 47' 53,5"	52° 15' 23,6"	n	14,15	<15	non	
D-1	63,2	63° 32' 14,8"	51° 04' 11,8"	n	13	<15	non	
Garnier	450	63° 43' 19,0"	51° 28' 48,5"	n	8,10,15	<15	non	
Lavoie	646	63° 42' 26,6"	52° 07' 16,6"	n	4,5,9,10,14,15	<15	non	
Lozeau	1 170	63° 49' 47,4"	52° 06' 07,7"	n	5,6,7,9,10,14,15	<15	non	
OC-2	77,4	63° 33' 00,0"	51° 18' 29,0"	n	13	<15	non	
OC-3	69,5	63° 33' 17,0"	51° 19' 19,0"	n	13	<15	non	
OC-4	33,2	63° 34' 10,0"	51° 19' 43,0"	n	13	<15	non	
OF-2	2,3	63° 25' 58,0"	51° 06' 04,0"	n	13	<15	non	
s,n,E	559	63° 52' 21,3"	51° 47' 12,7"	n	5,6,8,10,15	<15	non	
s,n,F	332	63° 56' 33,8"	51° 38' 08,2"	n	8,9,10,15	<15	non	
F-01	1,8	63° 15' 32,5"	50° 23' 56,7"	n	13	<15	non	
F-07	23	63° 15' 52,7"	50° 26' 41,1"	n	13	<15	non	
F-08	8,7	63° 16' 01,1"	50° 27' 30,6"	n	13	<15	non	
F-09	5,0	63° 15' 46,6"	50° 27' 41,6"	n	13	<15	non	
F-10 Lac Bourassa	132	63° 18' 18,2"	50° 24' 57,8"	n	13	<15	non	Émissaire de 40,9 km sans lac avant de rejoindre la rivière Romaine
F-10-2 Petit lac Bourassa	32	63° 17' 43,1"	50° 26' 32,2"	n	13	<15	non	
F-11 Petit lac Kaumitshistukuancu	55	63° 16' 37,6"	50° 29' 31,3"	n	13	<15	non	
F-12	2,4	63° 15' 19,6"	50° 30' 41,0"	o	n,a,	<15	non	Émissaire de 1 443 m d'ordre 1 qui devient ordre 2 avant de rejoindre la Romaine
F-15	5,4	63° 13' 51,0"	50° 33' 46,8"	n	13	<15	non	
F-15-2	1,9	63° 14' 05,4"	50° 33' 58,1"	n	13	<15	non	
F-30	7,4	63° 15' 27,5"	50° 28' 05,3"	n	13	<15	non	
F-31	11	63° 17' 34,5"	50° 24' 17,9"	n	13	<15	non	
F-32	17	63° 17' 30,8"	50° 23' 54,7"	n	13	<15	non	
F-34+35	15	63° 16' 34,2"	50° 31' 37,4"	n	13	<15	non	
F-34-2	3,5	63° 16' 28,2"	50° 31' 15,2"	n	13	<15	non	
F-36	2,8	63° 16' 08,3"	50° 31' 42,9"	o	n,a,	<15	non	
F-37	7,0	63° 17' 38,1"	50° 23' 30,8"	o	n,a,	<15	non	
F-38	3,4	63° 17' 15,6"	50° 24' 43,3"	n	13	<15	non	
Lac Puyjalon	1 636	63° 23' 35,0"	50° 31' 14,0"	n	1,9,12,13,14	<15	non	
F-60 Lac Katnukamahis	85	63° 20' 03,0"	50° 51' 20,4"	n	13	<15	non	
Résultat pour cette requête				**9**	**49**			
Résultat requête = lac à pente faible, avec obstacles								
2;3	6,7	63° 29' 17,5"	51° 15' 05,7"	o	n,a	<15	oui	
3;3	76,6	63° 29' 24,9"	51° 13' 17,0"	n	13	<15	oui	
4	105	63° 38' 19,6"	51° 22' 07,2"	n	4,9,10,12,13	<15	oui	Lac impacté
128	28	63° 16' 29,2"	50° 37' 56,5"	n	9,13	<15	oui	
133	46	63° 20' 33,1"	50° 49' 12,7"	n	13	<15	oui (3)	
134	34	63° 18' 22,2"	50° 49' 44,6"	n	13	<15	oui (3)	
146 Lac Perugia	696	63° 21' 32,9"	50° 44' 29,7"	n	13	<15	oui (3)	
147 Lac du Deuxième Camp	227	63° 17' 33,4"	50° 41' 06,8"	n	10,13	<15	oui (3)	

N° ou nom du lac	Superficie	Longitude	Latidude	LSP	LAP (composition)	Pente (%)	Obstacle	Commentaire
152	102	63° 29' 32,9"	51° 08' 26,1"	n	13	<15	oui	
OF-1	5,2	63° 26' 32,0"	51° 05' 53,0"	o	n,a,	<15	oui	
OF-C	3,7	63° 26' 31,0"	51° 06' 45,0"	n	13	<15	oui	
F-41	2,7	63° 18' 30,7"	50° 39' 11,7"	o	n,a,	<15	oui (3)	
F-43+F43-1	212	63° 19' 31,1"	50° 39' 45,8"	n	13	<15	oui	
F-45	6,4	63° 18' 24,4"	50° 41' 58,8"	n	13	<15	oui (3)	
F-48	20	63° 19' 41,7"	50° 46' 09,5"	n	13	<15	oui (3)	
F-49	16	63° 19' 23,0"	50° 47' 26,9"	o	n,a,	<15	oui (3)	
F-52	9,7	63° 19' 32,6"	50° 48' 58,1"	n	13	<15	oui (3)	
F-53	16	63° 19' 46,2"	50° 49' 21,9"	n	13	<15	oui (3)	
F-54	16	63° 19' 09,0"	50° 49' 33,5"	n	13	<15	oui (3)	
F-55	20	63° 21' 19,9"	50° 49' 34,3"	n	13	<15	oui (3)	
F-58	25	63° 19' 17,5"	50° 50' 33,3"	n	13	<15	oui (3)	
Résultat pour cette requête				**4**	**17**			
Résultat requête = lac à pente moyenne 16 à 30%								
1	3,2	63° 14' 11,4"	50° 43' 06,0"	n	13	19,0	non	Lac impacté
2a	1,8	63° 29' 12,7"	51° 15' 34,4"	n	13	25,0	non	3PM
101	12	63° 12' 57,4"	50° 42' 41,5"	o	n,a,	16,1	oui	Lac impacté
105	6,2	63° 11' 07,2"	50° 52' 09,2"	o	n,a,	22,3	non	Lac impacté
110	4,3	63° 16' 47,1"	50° 39' 16,4"	n	11,13	19,2	oui (3)	
111	20	63° 13' 47,2"	50° 41' 05,1"	o	n,a,	19,1	non	2PM
113	2,9	63° 25' 09,8"	51° 08' 01,6"	o	n,a,	23,8	non	2PM
121	52	63° 16' 35,6"	50° 24' 59,3"	n	13	23,0	non	
125	15	63° 11' 58,8"	50° 35' 43,9"	o	n,a,	29,5	non	
129 Lac Katshihtshekakamat	37	63° 14' 45,7"	50° 37' 58,1"	o	n,a,	23,7	non	2PM
132	32	63° 17' 41,8"	50° 47' 02,6"	o	n,a,	21,6	oui	
139	18	63° 26' 22,7"	51° 03' 22,6"	n	13	25,8	oui	
140	14	63° 25' 27,6"	51° 06' 02,8"	n	13	16,5	non	
143	26	63° 27' 36,1"	51° 12' 38,3"	o	n,a,	21,6	non	
Maurice	122	63° 23' 27,0"	50° 57' 41,0"	o	n,a,	21,7	non	7PM consécutives
F-02	6,4	63° 15' 56,3"	50° 24' 02,6"	n	13	22,9	non	
F-03	4,2	63° 16' 30,0"	50° 24' 36,9"	n	13	22,9	non	
F-04	3,7	63° 16' 12,1"	50° 24' 36,2"	n	13	22,9	non	
F-06	14,2	63° 15' 53,6"	50° 25' 11,5"	n	13	22,9	non	
F-14	7,5	63° 14' 54,7"	50° 31' 34,5"	o	n,a,	23,3	non	
F-39	7,2	63° 16' 17,3"	50° 25' 22,7"	n	13	22,9	non	
F-42	6,3	63° 17' 12,0"	50° 39' 47,4"	?		<15	oui (4)	
F-46	6,9	63° 17' 07,0"	50° 42' 38,8"	o	n,a,	25,6	oui (4)	2PM
Résultat pour cette requête				**11**	**11**			
Résultat requête = lac à pente forte supérieure à 30%								
123	14	63° 15' 27,5"	50° 32' 37,8"	o	n,a,	33,9	non	
124	11	63° 12' 10,7"	50° 35' 17,7"	o	n,a,	39,7	non	Et une PM 23,7%

N° ou nom du lac	Superficie	Longitude	Latidude	LSP	LAP (composition)	Pente (%)	Obstacle	Commentaire
130	33	63° 16' 44,3"	50° 40' 22,8"	n	13	33,6	non	2PF et 3PM, émissaire de 714 m de longueur avant de rejoindre le LAP no 147
131	63	63° 21' 03,4"	50° 40' 32,4"	o	n,a,	44,7	oui	
136	29	63° 24' 39,0"	50° 58' 01,0"	o	n,a,	30,3	oui	Et une PF 41,8% 6,86 km en aval; SB versant du ruisseau Maurice du BS de la rivière Mingan
137	16	63° 23' 51,2"	51° 00' 20,8"	o	n,a,	39,7	non	
138	16	63° 26' 37,1"	51° 01' 28,9"	o	n,a,	30,3	oui	Sous bassin versant du ruisseau Maurice du bassin versant de la rivière Mingan
141	14	63° 26' 41,3"	51° 09' 13,2"	o	n,a,	60,6	non	4PF, 5PM et 5PM
142	20	63° 27' 08,4"	51° 10' 11,5"	o	n,a,	41,5	non	
144	24	63° 27' 00,8"	51° 14' 33,5"	o	n,a,	56,0	non	6PF et 6PM
148	221	63° 17' 45,7"	50° 53' 41,2"	o	n,a,	39,2	non	5PF et 2PM
149	158	63° 25' 33,8"	50° 55' 17,4"	o	n,a,	30,3	oui	Sous bassin versant du ruisseau Maurice du bassin versant de la rivière Mingan
150 Lac Aiapeuatihk	292	63° 15' 19,3"	50° 52' 21,0"	o	n,a,	39,2	non	
151	160	63° 13' 46,5"	50° 50' 47,8"	o	n,a,	39,2	non	
234 Lac Kauahiakamat	134	63° 07' 54,3"	51° 07' 37,3"	n	13	40,0	oui	Et PM de 19,3%; Pente forte sur l'émissaire de 160 m avant le lac récepteur
301	35	63° 14' 47,0"	50° 32' 07,0"	o	n,a,	33,9	non	
OC-1	162	63° 25' 45,0"	51° 15' 36,0"	o	n,a,	56,0	non	6PF et 6PM
Résultat pour cette requête				**15**	**2**			
TOT				**48**	**81**	129		

N.B. n.a. : non applicable ; PM : pente moyenne ; PF : pente forte ;

Légende pour la composition taxinomique du lac :

n°	Non français	Abréviation
1	Éperlan arc-en-ciel	OSMO
2	Épinoche à 3 épines	GAAC
3	Épinoche à 9 épines	PUPU
4	Grand brochet	ESLU
5	Grand corégone	COCL
6	Lotte	LOLO
7	Mméné de lac	COPL
8	Ménomini rond	PRCY
9	Meunier noir	CACO
10	Meunier rouge	CACA
11	Mulet perlé	SEMA
12	Omble chevalier	SAAL
13	Omble de fontaine	SAFO
14	Ouananiche	SSAO
15	Touladi	SANA

Annexe 2-a

Position des lacs dans les sous bassins versant de la rivière Romaine, sauf ceux du Puyjalon

SB-1		→ Brulé	→ Lavoie	→ Anderson	→ Lozeau	→ RO	
SB-2		→ 2-b ou 10				→ RO	
		s. n. E	205	204			
		233	→ 206	→ ?			
SB-3						RO ←	224
SB-4				203	→ 202	→ RO	
SB-5					→ 201	→ RO	
SB-6					→ 8	→ RO	
SB-7					→ s.n. F	→ RO	
SB-9					→ 6	→ RO	
SB-10					RO ←	Garnier ←	9 ←
SB-11						RO ←	5 ←
SB-12					→ 4	→ RO	
				→ OC-4			
SB-13						RO ←	104 ←
SB-14				→ OC-3	→ OC-2	→ RO	
SB-15					2	→ RO	
SB-16					RO ←	3 ←	46
SB-17				144	→ OC-1	→ RO	
SB-18					103	→ RO	
SB-19					→ 141	→ RO	
SB-20				OF-2	→ 140	→ RO	
SB-21					113	→ RO	
SB-22	→ 143	142	→ OF-C	OF-1			
	→ 2-3	→ 3-3	→ 152			→ RO	
		D-1		→ 139			
SB-23					→ 137	→ RO	
SB-24						RO ←	102 ←
SB-25						RO ←	234 ←
SB-26					Maurice	→ RO	
SB-27					135	→ RO	
					F-60		
SB-28				→ 148	→ 150	→ RO	
				→ 151			
SB-29						RO ←	105 ←
SB-30					1	→ RO	
SB-31						RO ←	111
SB-32					112	→ RO	
SB-33							101
						RO ←	
SB-34					→ 132	→ RO	
SB-35				303			

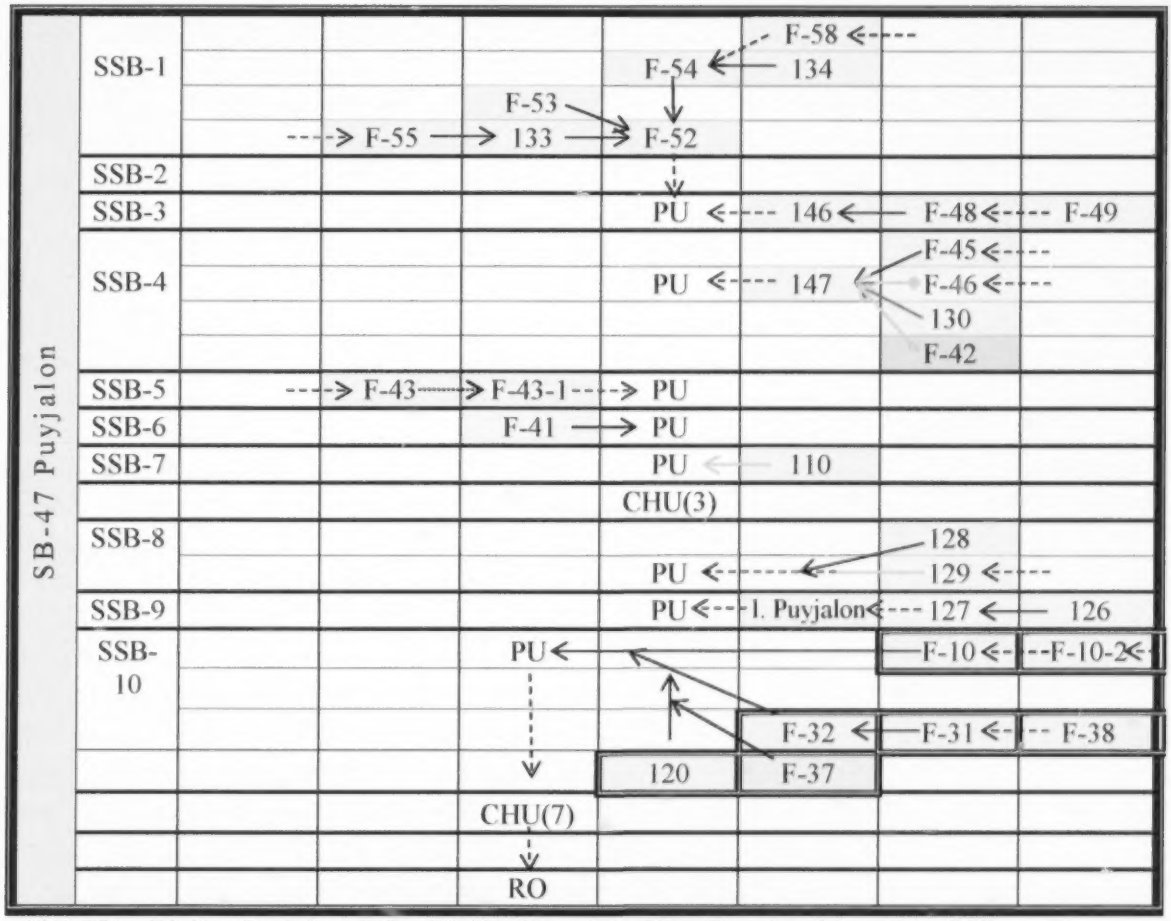
				--> 125		--> RO	
SB-36					124 -->	RO	
SB-37				--> F-15	--> F-15-2	--> RO	
SB-38					--> 302	--> RO	
SB-39				--> 123	--> 301	--> RO	
SB-40					F-14 -->	RO	
SB-41					F-12 -->	RO	
SB-42		F-35	--> F-34 <--	F-36 <---			
				F-34-2 -->	F-11 -->	RO	
SB-43					F-30 -->	RO	
SB-44					106 -->	RO	
SB-45			F-09 -->	F-08 -->	F-07 -->	RO	
		-->	122				
SB-46	---> F-06			F-01			
	----------			--> F-02		RO	
	--> F-39	121 -->	F-04				
	F-03						
SB-47	Bassin versant de la rivière Puyjalon, voir annexe 2-b						

Légende	n° lac -->			Émissaire relié directement à un autre lac ou à RO
	n° lac --->			Émissaire avec autres lacs sur son parcours
	n° lac .....>			Émissaire de type chenal surfacique reliant deux lacs à la même altitude
	--->	n° lac		Émissaire qui totalise au moins un lac en amont
	-->	n° lac		Lac alimenté par un ou plusieurs tributaires seulement
		n° lac		Lac sans émissaire ni tributaire
	-->	Lac avec un émissaire à pente faible		
	-->	Lac avec un émissaire à pente moyenne		
	-->	Lac avec un émissaire à pente forte		
	◆-->	Émissaire avec présence d'une chute		
	n° lac	LAP	n° lac	LAP jadis ennoyé par la mer de Goldthwait
	n° lac	LSP	n° lac	LSP jadis ennoyé par la mer de Goldthwait
Abrévi-ation	S.B	Sous bassin		
	CHU	Chute (nombre)		
	RO	Rivière Romaine		
	l.	Lac		
	s. n.	Sans nom		

N.B. Les lacs situés à gauche de RO sont dans des sous bassins versant à l'est de la rivière Romaine et ceux à droite, à l'ouest de la rivière Romaine. Les sous bassins versant du haut vers le bas, SB-1 à SB-46, sont répartis de l'amont vers l'aval de la rivière Romaine. Les lacs isolés ne sont pas présentés, pas plus que ceux du bassin versant de la Mingan dont il est possible de visualiser leur position dans le bassin versant à la figure 2. Lac n° 9 = Lac Rougemont; Lac 2-b ou 10 = Lac aux Sauterelles; Lac n° 150 = Lac Katshihtshekakamat.

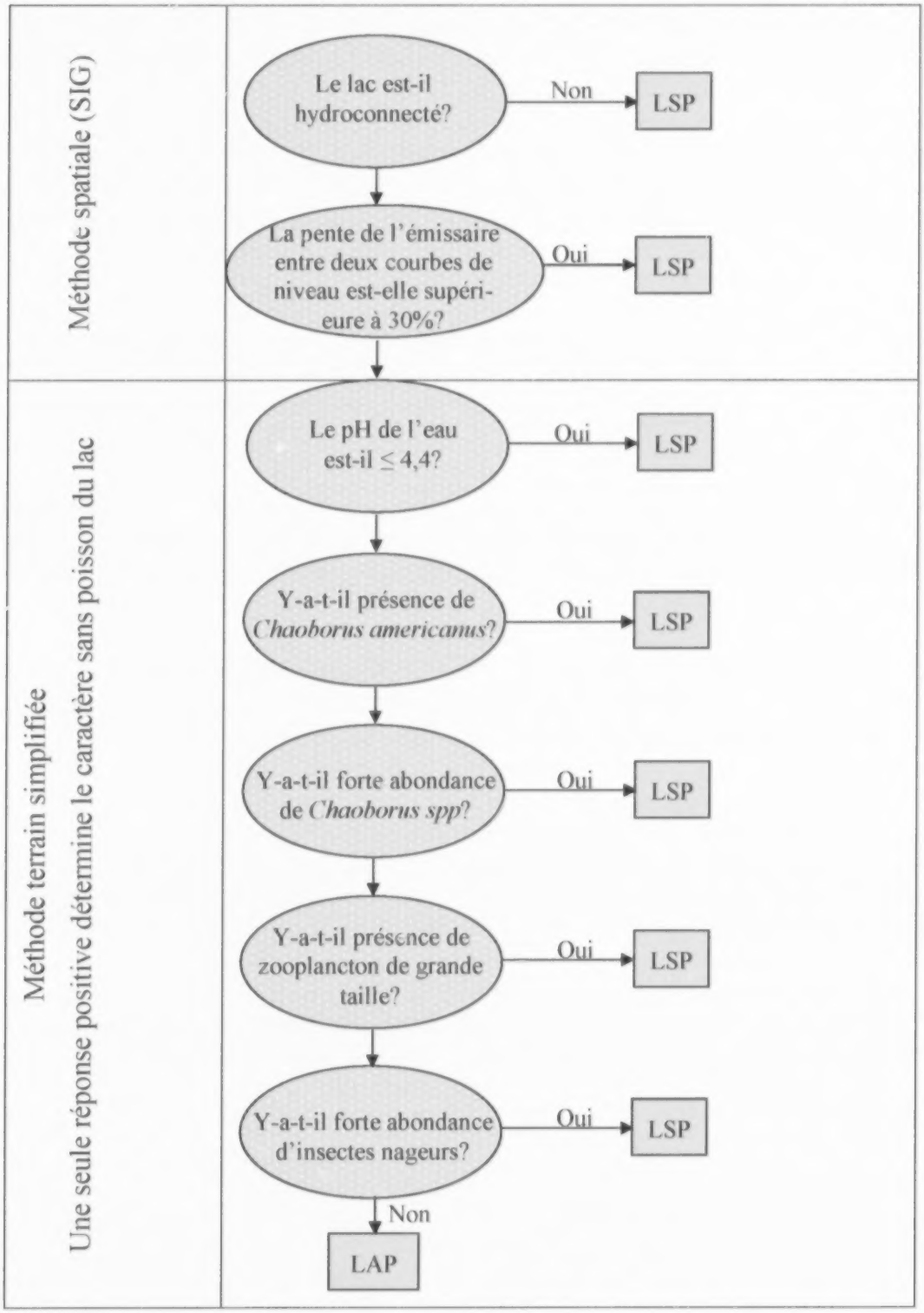
Annexe 2-b

Position des lacs dans les sous bassins versant de la rivière Puyjalon, un sous bassin versant de la rivière Romaine



N.B. PU = Rivière Puyjalon; RO = Rivière Romaine; SB = Sous bassin versant; SSB = Sous sous bassin versant; l. = Lac; CHU(n) = Chute (nombre).
Les lacs situés à gauche de PU sont dans des sous bassins versant situés à l'est de la rivière Puyjalon et ceux à droite, à l'ouest de la rivière Puyjalon, sauf pour SSB-1 qui constitue en soit la tête du sous bassin versant de la Puyjalon regroupant plusieurs lacs.
Les sous bassins versant du haut vers le bas, SSB-1 à SSB-10, sont répartis de l'amont vers l'aval de la rivière Puyjalon.
Le lac F-42 à le statut incertitude, il n'a donc pas pu être déterminé avec ou sans poisson.
Lac n° F-10 = lac Bourassa; Lac n° F-10-2 = Petit lac Bourassa;
Lac n° 127 = lac Miskuatuku; Lac n° 129 = lac Katshihtshekakamat; Lac n° 146 = Perugia;
Lac n° 147 = lac du Deuxième Camp;
Pour la légende, se référer à l'annexe 2-a.

Annexe 3

Clé de détermination des lacs sans poisson

Clé de détermination des lacs sans poisson (LSP)